Stratigraphie und Tektonik des helvetischen Malm zwischen Kiental und Lütschinental

(Berner Oberland)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde
vorgelegt der Philosophischen Fakultät II
der Universität Bern

von

GERHARD STAENDER
aus Miécourt (Bern)

Ernst Lang, Zürich 2 - 1943

Stratigraphie und Tektonik des helvetischen Malm zwischen Kiental und Lütschinental

(Berner Oberland)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde
vorgelegt der Philosophischen Fakultät II
der Universität Bern

von

GERHARD STAENDER

aus Miécourt (Bern)

Ernst Lang, Zürich 2 - 1943

Von der Philosophischen Fakultät II auf Antrag des Herrn Prof. Dr. P. Arbenz angenommen.

Bern, den 29. Februar 1940.

Der Dekan:
Prof. Dr. H. Greinacher.

INHALTSVERZEICHNIS

Literaturverzeichnis 5

Vorwort 7

Umgrenzung des Arbeitsgebietes 7

Einleitung 8

I. Stratigraphie des Malm 9
Stratigraphische Profile 9
Einleitung 9
Profil 1 10
Profil 2 15
Profil 3 21
Profil 4 27
Profil 5 28
Profil 6 30
Bemerkungen zur Tektonik und Stratigraphie des Malm an der Schöni 31
Zur Frage der Breccie an der Basis der Kreide 33
Der Calpionellenkalk 40
Zusammenfassung der stratigraphischen Untersuchungsergebnisse 41
Die Organismen des Malm 46
A. Makrofossilien 46
B. Mikroorganismen 47

II. Lithologie des Malm 52
Klassifikation der Strukturen 52
A. Mikrostrukturen 52
B. Habitus und Strukturen der Gesteine 55

III. Betrachtungen zur Tektonik des Malm 64
Einleitung 64
1. Die Tektonik zwischen Sulegg-Silerengraben und Sulsbach-Sausbach 65
2. Die Tektonik des Ars 68
3. Die Tektonik des Spaltenhornes 69
4. Tektonische Probleme an der Kilchfluh 71
5. Die Brüche an der Kilchfluh 75
a) Kilchfluhbruch I 75
b) Kilchfluhbruch II 77
6. Tektonik des Malm zwischen Kilchfluh und Hundshorn . 78
a) Die Tektonik der Kientalerflanke 79
b) Die Tektonik NE des Telli 81
7. Parallelisation der Malmelemente 83

IV. Graphika 88

GRAPHIKA

Fig. 1 Auswitterungsformen am Isoklinalkamm des Ars . . 88
Fig. 2 Die Verbreitung des anstehenden Calpionellenkalkes . 88
Fig. 3 Blick von der Hunnenfluh bei Wengen gegen den Ars und das Saustal 89
Fig. 4 Profile durch das Spaltenhorn und den Weissberg . . 90
Fig. 5 Kilchfluh vom Fusse des Hartisberges aus gesehen . . 91
Fig. 6 Malmband 6 an der Kilchfluh vom Hundshorn aus gesehen 92
Fig. 7 Tektonik der rechten Kientalerseite 93
Fig. 8 Blick vom W-Hang des Pkt. 2735 gegen das Telli . . 94
Fig. 9 Blick von der Kilchfluh-W-Seite gegen das Telli und den Pkt. 2735 95
Fig. 10 Gesamtansicht der Kilchfluh von NW 96
Fig. 11—24 Mikrofotos . . . . . 97—103

Tafel I: Tektonische Uebersicht des Malm zwischen Kiental und Lütschinental 1 : 25,000, entworfen nach Blatt 6, Lauterbrunnen, des geologischen Atlas der Schweiz 1 : 25,000, sowie nach eigenen Aufnahmen vornehmlich im SW des dargestellten Gebietes.

Tafel II: Stratigraphische Profile des Malm, nicht masstäblich (im Text wird Profil Nr 4 als Nr. 5 und Nr. 5 als Nr. 4 aufgeführt).

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Berichtigung von Druckfehlern

Seite	9, Zeile 5	und statt nud.
Seite	11, Zeile 20	Zeit statt Zei.
	Zeile 22	welche statt welchte.
Seite	15, Zeile 12	36 statt 32.
Seite	16, Zeile 4	68 statt 67.
Seite	20, Zeile 21	68 statt 67.
Seite	22, Zeile 3 v. u.	Cristellaria statt Christellaria.
Seite	32, Zeile 11	Berrias statt Bertias.
Seite	37, Zeile 5 v. u.	81 statt 80.
Seite	47, Zeile 9 v. u.	Millioliden statt Millioliden.
	Zeile 5 v. u.	MAYNC statt MANYC.
Seite	48, Zeile 18 v. u.	Struktur statt Sturktur.
Seite	53, Zeile 18	feinmaschigen statt freinmaschigen.
Seite	60, Zeile 22	Mikrostrukturen statt Mikrostruktoren.
Seite	80, Zeile 1 v. u.	Bockspfäde statt Bockspfääde.
Seite	85, Zeile 5 v. u.	Glütschalp statt Glüschalp.
Seite	103, Zeile 3 v. u.	grünlichgrau statt gründlichgrau.

Auf Seite 33, Absatz 2, ist zu streichen: „Wie Günzler-Seiffert in den Erläuterungen zu Blatt Lauterbrunnen (Lit. 16) annimmt."

LITERATURVERZEICHNIS.

1. Adrian, H.: Geologische Untersuchungen der beiden Seiten des Kandertales im Berner Oberland. Ecl. geol. Helv. Vol. 13, Heft 3, 1915.
2. Arbenz, P.: Zur Geologie des Gebietes zwischen Engelberg und Meiringen. Ecl. geol. Helv. Vol. 9, 1907.
3. Arbenz, P.: Die helvetische Region. Geol. Führer der Schweiz, Fasc. II, B. 1934.
4. Arbenz, Collet, Günzler-Seiffert-Louis: Bericht über die Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft im Berner Oberland. Ecl. geol. Helv. Vol. 25 Nr. 2, 1932.
5. Bertrand, M. und Golliez: Les chaines septentrionales des Alpes bernoises. Bull. Soc. Geol. France 3e. Sér. tome 25. Paris, 1897.
6. Cadisch, J.: Ein Beitrag zum Calpionellenproblem. Geol. Rundschau, Band XXIII, 1932.
7. Cayeux, L.: Les roches sédimentaires de France, Roches carbonatées. Paris (Masson), 1935. (Mit Atlas)
8. Fichter, H. J.: Verteilung der Mikrofauna im helvetischen Malmkalk (Quintnerkalk) am Gonzen bei Sargans. Ecl. geol. Helv. Vol. 24. 1931.
9. Fichter, H. J.: Geologie der Bauen-Brisen-Kette am Vierwaldstättersee und die zyklische Gliederung der Kreide und des Malm der helvetischen Decken. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz, N.F. 69, 1934.
10. Furrer, H.: Geologische Untersuchungen in der Wildstrubelgruppe. Mitt. Natf. Ges. Bern 1938.
11. Gagnebin, E.: Déscription géologique des Préalpes bordières entre Montreux et Semsales. Mém. Soc. Vaud sc. Nat. 2 no 1, 1924.
12. Gerber, M.: Beiträge zur Stratigraphie der Jura-Kreidegrenze in der Zentralschweiz. Ecl. geol. Helv. Vol. 19, 1930.
13. Gerber, E.: Beiträge zur Geologie der östlichen Kientaleralpen. Zürich, 1905.
14. Goldschmid, K.: Geologie der Morgenberghorn-Schwalmerngruppe bei Interlaken. Mitt. Natf. Ges. Bern 1926.
15. Günzler-Seiffert, H.: Der geologische Bau der östlichen Faulhorngruppe im Berner Oberland.
16. Günzler-Seiffert, H.: Geologische Karte, Blatt Lauterbrunnen, mit Erläuterungen.
17. Günzler-Seiffert, H.: Geologische Karte, Blatt Grindelwald, mit Erläuterungen.
18. Günzler-Seiffert, H.: Schweizerische Alpenposten, Kiental Poststraße, geol. Profil. Eidg. Postverwaltung.
19. Günzler-Seiffert, H.: Die Tektonik der Wildhorndecke auf Blatt Lauterbrunnen des geologischen Atlas der Schweiz. Ecl. geol. Helv. Vol. 25, Nr. 2, 1932.
20. Günzler-Seiffert, H.: Gefaltete Brüche im Jura des Kientales. Ecl. geol. Helv. Vol. 25, Nr. 2, 1932.
21. Günzler-Seiffert, H.: Geologischer Führer der Schweiz, Exkursion 45, Fasc. IX.
22. Heim Alb.: Geologie der Schweiz, 3 Bde. 1920.
23. Heim, Arn.: Stratigraphische Kondensation. Ecl. geol. Helv., Vol 27, 1934.
24. Heim. Arn.: Zur Geologie des Mt. Bifé am Freiburger Alpenrand. Vierteljahrsschrift der Natf. Ges. Zürich, Jahrg. 65, 1920.
25. Helgers, J. H. E.: Beiträge zur Geologie der westlichen Gehänge des Lauterbrunnentales. Diss. Bern, 1905.
26. Kraus, E.: Calpionella alpina als Leitfossil. Veröff. aus d. geol.-paläont. Institut der Universität Riga, Nr. 18.
27. Krebs, J.: Geologische Beschreibung der Blümlisalpgruppe. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz, N.F. 54,3, 1925.
28. Leupold, W. und Bigler, H.: Coscinoconus, eine neue Foraminiferenform aus

Tithon-Unterkreidegesteinen der helvetischen Zone der Alpen. Ecl. geol. Helv. Vol. 28. Nr. 2, 1935.
29. Leupold, W. und Mayne, W.: Das Auftreten von Choffatella, Pseudocyclammina, Lovcenipora und Clypeina im alpinen Faziesgebiet. Ecl. geol. Helv. Vol. 28, 1935.
30. Lombard, A.: Microfossiles d'attribution incertaine. Ecl. geol. Helv. Vol. 30, 1937.
31. Lorenz, Th.: Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Fazies. II. Der südliche Rhätikon. Ber. Natf. Ges. Freiburg i. Br. 12, 1901.
32. Mayne, W.: Die Grenzschichten von Jura und Kreide in der Titliskette. Ecl. geol. Helv. Vol. 31, Nr. 1, 1938.
33. Moret, L.: Contribution à l'étude des spongiaires silicieux du crétacé supérieur Français. Mémoires de la soc. géol. de France, nouv. sér. 1926.
34. Mösch, C.: Beschreibung der Kalk- und Schiefergebirge des nordwestlichen Kartengebietes von Blatt XVIII, umfassend die Kientaler Alpen. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz, Lfg. XXIV, 3, 1894.
35. Oberholzer, J.: Geologie der Glarneralpen. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz, N.F. 28, 1933.
36. Rod, E.: Stratigraphie des Malm der Graustock-Hutstockgruppe. Bern, 1937.
37. Seeber, H.: Beiträge zur Geologie der Faulhorngruppe (westl. Teil) und Männlichengruppe. Diss. Bern, 1911.
38. Stauffer, H.: Geologische Untersuchung der Schilthorngruppe im Berner Oberland. Mitt. Natf. Ges. Bern, 1920, Heft 1.
39. Troesch, A.: Beiträge zur Geologie der westlichen Kientaleralpen (Blümlisalpgruppe). Ecl. geol. Helv. Vol. 10, Nr. 1, 1908.
40. Verniory, R.: La Géologie des collines du Faucigny (Haute Savoie). Diss. Genf, 1937.
41. Zeller, R.: Geologisches Querprofil durch die Zentralalpen Mitt. Natf. Ges. Bern, 1895.

VORWORT.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung von Herrn Professor Dr. P. Arbenz ausgeführt. Die Feldaufnahmen beanspruchten die Sommermonate der Jahre 1937 und 1938. Im Sommer 1939 wurden lediglich einige Revisionen gemacht, da mir wegen Militärdienstes nur beschränkte Zeit zur Verfügung stand.

Das gesammelte Material wurde im geologischen Institut der Universität Bern verarbeitet.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. P. Arbenz, den wärmsten Dank auszusprechen für die vielen Anregungen während der Verarbeitung des Materials und die Hilfe bei der Redaktion des Textes.

Großen Dank schulde ich auch Herrn Dr. H. Günzler-Seiffert für seine Begleitungen im Feld und die Anregungen tektonischer Art.

Mit Herrn Dr. E. Rod beging ich im September 1937 das Laucherhorn, wo ich anläßlich einer Profilaufnahme einen guten Einblick in die Arbeitsweise des Malmstratigraphen gewann.

Vielseitige Anregungen verdanke ich auch meinen Studienkameraden im geologischen Institut der Universität Bern. Dank gebührt auch Herrn A. Sommer, Präparator, der mir bei der Herstellung von Mikrophotos und Dünnschliffen beistand.

UMGRENZUNG DES ARBEITSGEBIETES.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf ein Gebiet, das durch folgende Punkte umschrieben ist:

Wilderswil-Saxetental-Schwalmern-Lattreienalp-Kiental - Griesalp-Sefinenfurgge-Hundshorn-Schilthorn-Weißbirg-Lütschine-Wilderswil.

Tafel I gibt einen Ueberblick über das gesamte Gebiet. Die Nummern deuten die besonders untersuchten Lokalitäten an.

Zu Vergleichszwecken wurde das Laucherhorn im Gebiete der Schynigen Platte begangen. Dort habe ich gemeinsam mit E. Rod ein stratigraphisches Profil aufgenommen, das in meiner Arbeit zweimal zitiert wird.

Die W-Fortsetzung des Malmes im Gebiete zwischen Kienbach und Kander wurde ebenfalls an einigen Stellen studiert.

EINLEITUNG.

Nachdem E. ROD in seiner »Stratigraphie des Malm der Graustock-Hutstockgruppe« dargetan hatte, daß auch der Malm für stratigraphische Arbeiten lohnend ist, war es gegeben, zu untersuchen, ob sich die von ROD erzielten Resultate auch im Berner Oberland bestätigen.

Meine Aufmerksamkeit war daher von Anfang an auf gewisse stratigraphische Details, wie z. B. die Pseudobreccien und Breccien gerichtet. Im Verlaufe der stratigraphischen Untersuchungen zeigte sich aber, daß deren Auswertung von der Lösung tektonischer Probleme abhing. Die gesamte Tektonik des Gebietes mußte vorerst abgeklärt werden, bevor man südliche Fazies von nördlicher unterscheiden konnte. Daher gliedert sich die Arbeit in einen stratigraphischen und einen tektonischen Teil.

Da es sich zeigte, daß keine bedeutenden Fossillager ausgebeutet werden konnten, wurde besondere Aufmerksamkeit der Gliederung und Klassifikation der Gesteinsstrukturen geschenkt.

Das Historische der Gebietserforschung wird nicht vorweg genommen, sondern jeweils in den verschiedenen Kapiteln in Verbindung mit den zu lösenden Problemen beigezogen.

Die den Untersuchungen zu Grunde liegenden geologischen Karten weisen noch die alte Topographie auf. Für das sich nach dem Lütschinental entwässernde Gebiet standen mir Teile des Blattes Lauterbrunnen, neuer Topographie zur Verfügung. Die angegebenen Höhezahlen sind denn auch der viel genaueren neuen Topographie entnommen, jeweils mit der Bezeichnung nT. = neue Topographie. Die Höhezahlen im Westteil des Untersuchungsgebietes jedoch weisen die alten Koten auf.

I. Stratigraphie des Malm.

Stratigraphische Profile.

Einleitung.

Zur Abklärung der Malmstratigraphie in den helvetischen Decken zwischen Kiental nud Lütschinental wurden an folgenden Lokalitäten Profile aufgenommen: (Vgl. Uebersichtskärtchen Tafel I).

Auf der Seite des Lauterbrunnentales:

1. An der Grimselegg ob Saxeten
2. Am Ars, über dem Eingang des Saustales

Auf der Seite des Kientales:

3. Oestlich unterhalb des Telli

Diese 3 Profile ergeben vollständige Querschnitte durch den Malm, vom Argovien bis zur Untergrenze der Kreide. Das Argovien ist in allen drei Profilen schlecht aufgeschlossen; es eignete sich nicht zu einer durchgehenden Profilaufnahme und mußte daher weggelassen werden. Auch im übrigen Untersuchungsgebiet konnten keine guten Profilaufschlüsse durch das Oxfordien und das Argovien gefunden werden. Ich verweise daher bezüglich diese beiden Stufen auf die entsprechenden Profile von STAUFFER (Lit. 38).

Von den oben genannten Profilen wurden durchgehende Schliffserien hergestellt. Teilweise ohne Dünnschliffe werden noch folgende Teilprofile behandelt:

Auf der Seite des Lauterbrunnentales:

4. Gummenalp

Auf der Seite des Kientales:

5. Burgegg
6. Drettenhorn (konnte wegen Geländeschwierigkeiten nicht vollständig begangen werden.)

Zum besonderen Studium der Obergrenze des Malm werden außer den erwähnten Profilen und Teilprofilen Aufnahmen von den folgenden Lokalitäten verwendet:

Auf der Seite des Lauterbrunnentales:

7. a) und b) Wilderswil-Säge und Wilderswil am Eingang zum Saxetental
8. Saxetentobel (Höllweid)

9. Schlipfwengen (ob Saxeten)
10. Bellenalp
11. Bellenhöchst

Auf der Seite des Kientales:

12. Burglialp
13. Abendberg-Schöni (zwischen Spiggengrund und Kiental)
14. Hartisberg
15. Kilchfluh (Malmband 6)
16. Hohganthorn
17. Telli (Paßhöhe zwischen Hundshorn und Wild Andrist)

Die genannten Lokalitäten sind in dem Uebersichtskärtchen, Tafel I, mit entsprechenden Nr. versehen. Sie verteilen sich auf folgende tektonische Einheiten (Vgl. Blatt Lauterbrunnen mit Erl., Lit. 16 und die tektonische Uebersichtskarte, Tafel I).

Tekt. Einheit	Lokalität	Tekt. Einheit	Lokalität
1	7b	5o	—
2	7a	6u	2, 14
3+4	1,5,8,9,10,12,13	6o	3
5u	11	7au.b	—
5	4	7o	17
		8—10	6, 15, 16

Profil 1 (Grimselegg).

Lokalität:

Blickt man von der Schynigen Platte über das tiefe Lütschinental nach SW, so erhält man einen vorzüglichen Einblick in die Tektonik des Ostteils meines Untersuchungsgebietes. Rechts des tiefeingeschnittenen Silerengrabens, der an der finsteren NE-Wand der Sulegg entspringt, erhebt sich der Bellenhöchst. Man erkennt deutlich den hellen Malmkalk, der von dessen Gipfel steil ins Lütschinental hinabfällt, wo er auf einer Höhe von weniger als 1400 m (unterhalb P. 1392 nT.) jäh umbiegt, um gegen NW hin wieder empor zu steigen. In die enge Synklinale klemmt der Malmkalk ein schmales Bändchen von Mergelschiefern der Unterkreide, welches als Grasband oder als steile Runse gut erkennbar ist. Die Mulde öffnet sich allmählich nach oben und die Schichten des Nordschenkels der Synklinale gehen in eine wagrechte Lage über. NW P. 1878 nT. (Wen-

genfluh) verstellen zwei fast senkrechte Brüche die Malmwand. NW dieser Brüche biegen die Schichten antiklinal um, indem sie eine Walze vortäuschen. Dies ist die Grimselegg (auf der nT. unbenannt). Gegen die Schlipfwengen und die Sumpffluh zu verschwindet der Malm im Gehängeschutt, so daß der Uebergang zum Verkehrtschenkel der Antiklinale, der dann S des Sumpf, unterhalb der Grimselegg ausgedünnt zutage tritt, verdeckt ist. Im Kern der Grimseleggantiklinale erkennen wir die braun-gelblich anwitternden Mergel- und Kalkwechsellagerungen des Argoviens. Sie sind wegen den benachbarten Brüchen und der starken Pressung im Kern der Antiklinale sehr intensiv tektonisiert und eignen sich nicht zu Profilmessungen.

Die höher liegenden Schichten zeigen schon aus der Ferne betrachtet die übliche Gliederung in den massigen unteren Quintnerkalk und den abwechselungsreicheren oberen Quintnerkalk. Mindestens zwei tiefe Furchen in den senkrechten Schichten der Stirnpartie deuten auf das Vorhandensein mergeliger, dünngebankter Horizonte.

Steigt man von Schlipfwengen den steilen Zickzackweg hinauf auf die Bellenalp, so bewegt man sich längere Zei auf einer rostig anwitternden Pseudobreccie, die schon wegen der herauswitternden Komponenten, welchte ihr ein brecciöses Aussehen verleihen, dem Wanderer auffallen muß.

Das durchgehende Profil vom Argovien bis an die Obergrenze des Malm, welches entlang den steilen, nach NW einfallenden Schichten der Antiklinale, beim Einstieg des Fußweges von Schlipfwengen nach Bellenalp in die Malmplatten aufgenommen wurde, wird noch ergänzt durch ein Handstück prächtigen Calpionellenkalkes von der oberen Bellenalphütte.

Die Mächtigkeiten des untern Quintnerkalkes konnten nur annähernd bestimmt werden, da einige kleinere Brüche, Begleiter der oben erwähnten zwei großen, nicht korrigiert werden konnten. Dagegen sind die Einzelmächtigkeiten des oberen Quintnerkalkes, der unser besonderes Interesse erweckt, genau.

Profil 1 (Grimselegg).

stratigraphisch von unten nach oben.

1. X	m	Dunkle, braun anwitternde Kalkbänke von 20—30 cm, welche mit Mergeln wechsellagern. (Argovien)
		Nach vier auffällig dünneren Wechsellagerungen folgt
2. 16	m	Heller anwitternde Kalkbänke von 50 cm mit knolligen Zwischenlagen von 5 cm. Kein Dünnschliff.

3. 17 m Massige Kalkbänke ohne knollige Zwischenlagen. Der Kalk ist meist blaugrau mit rosaroten Flecken: Typus der Knollenkalke oder »Fausse brèche«. Gegen oben wird das Gestein einheitlicher.
Mikr.: Str. krümelig, die makroskopisch rosaroten Flecken erscheinen als hellere Partien. Schwammnadeln, viele Radiolarien, Org. D.

4. 15 m Massige Kalkbänke mit knolligen Zwischenlagen nicht mergeliger Natur. (Typus b des Knollenkalkes).
Mikr.: Wie 3, nur überwiegen allmählich die Schwammnadeln.

5. 20 m Heller, grauer Kalk, gegen oben von eisencarbonatischen Schlieren durchzogen. In der obersten Bank finden sich Ammonitensteinkerne.
Mikr.: Krümelig, Schwammnadelkalk, Radiolarien.

(Störung) — — — — — — — — — —

6. 12,5 m Dünngebankter Kalk, linsig. Er enthält in seinen obersten Bänken Ammonitensteinkerne.
Mikr.: Dicht, steril, etwas Pyrit und feine Quarzkörnchen.

7. 7,8 m Massiger Kalk. unten dunkel, gegen oben heller. Kein Dünnschliff.

8. 7,3 m Heller, massiger Kalk, spröde, sonst wie 7.
Mikr.: Feinkörnige, krümelige Str. Braune Schlieren, Radiolarien und Schwammnadeln, Org. D (formes fixées, Lomb.)

9. 5,0 m Dünngebankter Kalk.
Mikr.: Feinkörnig, beginnende Rekristallisation, Tonschlieren. Selten Radiolarien und Schwammtrümmer, Org. D. Sehr selten Quarz, wenig Pyrit.

10. 1,4 m Massige Bank, im Gelände hervortretend.
Mikr.: Knolliger Kalk, wolkige Formen. Viele Radiolarien und Schwammnadeln. Org. D. Pyrit.

11. 3,8 m Dünnbankige Kalke, 3—7 cm, gegen oben dicker werdend und widerstandsfähiger.
Mikr.: Dicht, steril. Feiner Quarzsand, etwas Pyrit.

12. 4,1 m Dickbankiger Kalk, zunehmende Bankdicke gegen oben.
Mikr.: Unten noch dicht, gegen oben krümelig.
Schwammnadeln und Radiolarien. Schalentrümmer, Org. D. Pyrit und wenig Quarz.

13. 1,9 m Pseudobreccie, ausgesprochener »Grenzhorizont« (im Sinne von E. *ROD.* Rostig anwitternde Oberfläche. Schlieren aus eisencarbonatischem Calcit.
Mikr.: Der dicht pigmentierte Kalk ist aufgespalten. In den Spalten eisencarbonatischer Calcit mit kugeligen Pigmentkonzentrationen. Das Ganze sieht aus wie ineinander gepreßtes Gerölle. Entlang den geröllartigen Komponenten ziehen sich Schlieren mit Pyriteinstreuungen. In den Komponenten Radiolarien, in den Spaltfüllungen Echinodermentrümmer, Schalenreste. An Mineralien finden sich: Pyrit, reiner Calcit, eisencarbonatischer Calcit.

14. 5,8 m Dünngeschichtete Kalke, dichtanschließend, aber mit feinen Schlieren
Mikr.: Dichter, toniger Kalk, steril, gegen oben setzen Radiolarien ein, Eisencarbonat in Nestern, Limonit, Pyrit.

15. 11,1 m Massige, teils prismatisch spaltende Kalke.
Mikr.: Krümelige Str. Viele Radiolarien, Schwammnadeln, Eisencarbonatnester, etwas Quarz.

16. 7,75 m Dünngebankte Kalke 3—8 cm.
Mikr.: Dicht, steril, etwas Quarz und Pyrit.

17. 8,25 m Massiger Kalk, hell, gegen oben etwas eisenschüssig.
Mikr.: Krümelig bis onkoidischer Kalk, bräunliche Schlieren. viele Radiolarien, Schwammnadeln, Org. D. Pyrit, Limonit.

18. a, b und c.
1,3 m Pseudobreccie, unten massig, gegen oben zunehmend eisenschüssig, und brecciös. (Dünnschliffe a—c stratigraphisch von unten nach oben.)
a) *Mikr.:* Krümelig bis onkoidisch, viele Radiolarien und Schwammnadeln, Org. D. unbekannte Organismen, Textularien, Schalentrümmer. Pyrit, reiner Calcit, wenig Quarz.
b) *Mikr.:* Onkoidischer Kalk, beginnende Aufspaltung des Kalkes in zusammenhängende Komponenten. Raumausfüllungen von Pyrit, in Form von vielen kleinen Körnchen. Reich an Organismen: Radiolarien, Schalentrümmer, Textularien, Org. D. (Filzige Anordnung!)
c) *Mikr.:* Die pigmentierte Kalkmasse ist völlig aufgespaltet, Rekristallisationserscheinungen in den Spalten, onkoidische Körner. Eisencarbonatischer Calcitmosaik erfüllt die Spalten. Pyrit, reiner Calcit, wenig Quarz.

19. 0,2 m Spätiger, eisenschüssiger Kalk, rauh anwitternd, von der Pseudobreccie äußerlich deutlich zu unterscheiden.
Mikr.: (Vgl. Bild 15) Rein onkoidische Str. Klare Trennung von pigmentiertem und reinem Calcit. Die Onkoide sind kugelig, selten länglich, und bestehen aus dichtem, dunklem Kalk. Man findet Mineralien oder Organismenreste als Kondensationskerne. Es können Quarzkörner, unbestimmbare Fossilreste oder Echinodermentrümmer sein.

20. 10,2 m Dünngeschichtete Kalke, im unteren Teil stark mergelig und tief auswitternd.
Mikr.: Dichter, steriler Kalk mit vielen feinen Pyritkörnern, welche als Kondensationskerne die dichte Str. teilweise aufzulösen vermögen. Quarz etwas häufiger als in 19.

21. 3,3 m Rotgeflammter Kalk.
Mikr.: Krümelig. Radiolarien, Schalentrümmer, Schwammnadeln, sehr viele Org. D. Wenig Pyrit, selten Quarz, Haematit.

22. 9,25 m Spröder, massiger Kalk rauh brechend, teilweise rostig anwitternd.
Mikr.: Krümelig bis onkoidisch. Schwammnadeln, Radiolarien, Org. D. Unbekannte Org. Wenig Pyrit,, Quarz (?).

23. 6,5 m Massiger, heller Kalk, muschelig bis parallelepipedisch spaltend.
Mikr.: Krümeliger und fleckiger Kalk, dunklere und hellere Partien. Radiolarien, Schwammnadeln seltener, Cristellaria, Org. D. Schalentrümmer. Pyrit, Quarz.

24. In der obersten Bank von 23, gleicher Habitus wie 23.
Mikr.: Calpionellenkalk, krümelig, Calpionellen vorerst vereinzelt, dann häufiger werdend. Radiolarien, vereinzelt Schwammnadeln. Feinste Quarzkörnchen, Coscinoconus (?), Schalentrümmer.

25. 4,6 m Parallelepipedisch spaltender, heller, massiger Kalk. Die Splitter klirren.
Mikr.: Massenhaft Calpionellen, in einer krümeligen Masse. Sehr häufig Org. D. Seltener Radiolarien, Schalentrümmer und unbestimmbare Fossilien. Wenig Schwammnadeln.

26. Breccie an der Basis der Kreide (Vgl. Seite 33).

Bemerkungen zu Profil 1.

Das Argovien im Kern der Grimseleggantiklinale besteht aus der typischen Wechsellagerung von dunklen Kalken (Bänke von 30 cm) und braunen Mergelschiefern, welche eine starke Clivage aufweisen. Ueber einer auffälligen Grenzschicht von 4 ganz dünnen Wechsellagerungen folgen Bänke von ca. 50 cm mit 5 cm knolligen Zwischen-

lagen. Diese Bänke entsprechen dem Knotenkalk von ARBENZ (Lit. 2) und den dunklen Kalken mit knotigen Mergeln RODS (Lit. 36). Gegen oben werden die knotigen Einlagerungen allmählich seltener und es setzen Kieselknauereinlagerungen ein. Diese deuten den Beginn des unteren Quintnerkalkes an. Weiter nach oben die Schichten verfolgend, begegnet man den Knollenkalken, die hier allerdings nicht so auffällig ausgebildet sind, wie z. B. im Profil 3 (Vgl. p. 24). Es handelt sich jedoch bei den vorgefundenen fleckigen Kalken sicher um ein Aequivalent der »fausse brèche«. Die Knollenkalke führen in der unteren Hälfte vorwiegend Radiolarien, während oben die Schwammnadeln vorherrschen. In den obersten Bänken des unteren Quintnerkalkes findet man vereinzelte unbestimmbare Ammonitensteinkerne.

An einer scharfen Grenze setzen sodann dünngebankte, linsige Kalke ein, welche gegen oben allmählich von dickeren Bänken abgelöst werden. Darüber folgt ein weiteres Band dünngebankter Kalke, welches in der Mitte durch eine auffällige, hervorstehende Bank schlierigen Kalkes (Profil Nr. 10) unterbrochen wird. Die nächsthöheren dickbankigen Kalke werden oben abgeschlossen durch eine Pseudobreccie (Grenzbreccie im Sinne RODS, Lit. 36) Profil Nr. 13. Diese bildet die Basis eines weiteren, größten Bandes dünngebankter Kalke, mit mergeligen Zwischenlagen, welches stark auswittert. Nach massigen Kalken, einem weiteren Band dünngebankter Kalke, finden wir wieder eine vorzügliche Pseudobreccie. Ueber dieser liegt eine kleine Schicht spätigen Kalkes (Profil Nr. 19). Darüber folgt ein letztes fünftes, stark mergeliges Band dünngebankter Kalke, welches nach oben in rotgeflammte Kalke und massige, parallelepipedisch absondernde Kalke übergeht. Die obersten 6 m sind ein ausgesprochener Calpionellenkalk.

Wegen Gehängeschutt finden wir im Profil selbst die Breccie an der Basis der Kreide nicht, dagegen steht sie auf der Bellenalp, auf dem Rücken der Grimseleggantiklinale an und weiter W, über Schlipfwengen.

Mikroskopisch bietet das Profil neben den Calpionellenkalken besonders interessante Strukturen. Die Bänder dünngebankter Kalke sind an ihren Basen immer dicht und steril. Bei Band V erkennt man den Mergelgehalt deutlich im Dünnschliff (geringe Reaktion mit Salzsäure). Die massigen Kalke zeigen eine krümelige Struktur, mit vielen Radiolarien und Schwammnadeln. In den hellen Kalken an der Obergrenze des Malmkalkes machen die Radiolarien den Calpionellen Platz.

Die Pseudobreccien finden sich durchgehend an der Basis dünngebankter Kalke. Auf der Anwitterungsfläche haben sie immer das Aussehen eines brecciösen Kalkes, während im Dünnschliff die Komponenten als monogenes Material erkannt werden. Bei dem Profil Nr. 18 a ließ sich feststellen, daß makroskopisch die Pseudobrecciennatur noch nicht konstatiert werden kann, wohl aber in den stärker aufgespaltenen Bänken Nr. 18 b und c im oberen Teil des Profils. Die Untergrenze der Pseudobreccien ist daher nicht scharf. (Vgl. Mikrostrukturen).

Die über dem Band V der dünngeschichteten und dünngebankten Kalke liegenden rotgeflammten Kalke entsprechen ähnlichen von E. ROD (Lit. 32, p. 11) beschriebenen, für das Obertithon typischen Kalken.

Betreffend das Verhältnis der Strukturen und der Häufigkeit der Organismen (Radiolarien, Schwammnadeln und Calpionellen) verweise ich auf Tafel II.

Profil 2 (Ars).

Lokalität:

Der Malmkalk des Ars beschreibt eine etwas nach NW überkippte Antiklinale, die am besten von Sulwald aus, d. h. in der Richtung der Faltenaxe, betrachtet werden kann. Am E-Hang des Ars, etwa 250 m S des Steges über den Sulsbach, gelangt man dem Wege nach Sausmatten folgend in die Valanginienschiefer der Kuhbodmensynklinale. Von hier aus steigt der Malm als Verkehrtschenkel der Arsantiklinale mit bloßgelegten Schichtköpfen erst in W Richtung, dann allmählich nach S umbiegend empor, um dann unter P. 2194 (Vorgipfel des Ars) die Kulmination zu erreichen. Von der Kuhmattenfluh oder der Sulsalp aus läßt sich sodann besonders deutlich die Gliederung des verkehrt liegenden Malm erkennen, die sich in einem steten Wechsel von dunklen Grasbändern mit hellen, hervorstehenden Felsplatten zu erkennen gibt. Hier wurde das Profil aufgenommen, zunächst entlang einer steilen, felsigen Runse, dann durch die unteren Malm-Schichten, die einen Isoklinalkamm bilden, bis hinab zum zerdrückten Argovienkern des Gewölbes fast senkrecht unter P. 2194. Leider ist dieses Argovien wegen starker tektonischer Beanspruchung ungeeignet zu einer detaillierten Profilaufnahme. Ebensowenig lieferte das S davon am Sausbach unten anstehende Argovien ein brauchbares Profil.

Die Summe aller gemessenen Einzelmächtigkeiten dürfte im wesentlichen der wirklichen Gesamtmächtigkeit entsprechen, da sich die auch hier vorhandenen Brüche leicht umgehen ließen (vgl. Tektonik des Ars, S. 67).

Profil 2 (Ars)
(aufgenommen von oben nach unten, im stratigraphischen Sinn).

Unter Gehängeschutt verborgen liegen einige Bänke des oberen Malmkalkes. Ebenso fehlen im Profil Aufschlüsse der sogenannten Berriasmergel. Ein Handstück, gesammelt einige hundert Meter talauswärts hart über anstehenden Kreide-Mergelschiefern, erwies sich als Breccie an der Basis der Kreide.

1. 1,5 m Gelblich anwitternde Breccie, im Bruch gelbbraun. Dunkle Komponenten in grauer Grundmasse.
   Mikr.: Breccienstr. Helle Komponenten in dunkler Masse.
   Grundmasse: dunkelbraun pigmentiert, aufgelöst in einzelne dunkle Pünktchen, schlierig mit Tonhäuten.
   Komponenten: heller Kalk, vorwiegend dicht. Die Komp. sind umsponnen von feinen, dunklen Tonlamellen.
   Größe der Komp.: bis ½ cm.
   Organismen: In der Grundmasse: Selten Calpionellen, Radiolarien (?), Schwammnadeln, Foraminiferen und Echinodermenstengel.
   In den Komp.: Häufig Calpionellen, Radiolarien nicht sicher festgestellt.
2. > 5 m heller, massiger und schlieriger Kalk. (Nicht meßbar wegen Schutt.)
   Mikr.: Stark tektonisiert, mit vielen Calcitadern. Dicht bis schwach krümelig — onkoidische Str. Onkoidische Zonen. Feine braune Schlieren. Radiolarien teilweise deformiert. z. T. in Zonen gelagert, wechselnd mit fast sterilem Kalk. Calcit, Limmonit. Kein Quarz.
3. 3,3 m Dünngebankter Kalk, schlierig, der Calcit oft etwas eisenkarbonatisch.
   Mikr.: Dichte Str. vollkommen steril.
4. 1,8 m Massiger, hellgrauer Kalk, auf der Anwitterungsfläche fleckig, im Bruch homogen.
   Mikr.: Kalkige Grundmasse mit kleinen onkoidischen Körnern, krümelig bis onkoidisch. Braune Schlieren und Eisenkarbonateinsprenglinge. Radiolarien in großer Menge, Schwammnadeln, ringförmige Schnitte eines unbek. Fossils. Schalentrümmer. Ungleiche Verteilung der Organismen.
5. 1,6 m Dünngebankter, knorriger Kalk.
   Mikr.: Dicht und tonig, steril.
6. 2,8 m Heller, massiger Kalk, bisweilen auf der Anwitterungsfläche rostige Partien.
   Mikr.: Krümelig bis onkoidisch, uneinheitliche Färbung. 3 Tönungen:
   a) grau, mit feinsten weißen Pünktchen, bald elastischer, bald dichter. Füllmasse.
   b) dunklere Hauptmasse, in Brocken aufgelöst, mit größeren hellen Punkten durchsetzt.
   c) gerundete, dunkle Flecken, Onkoide, welche meist in der hellgrauen Masse stecken.
   Schwammnadeln, vereinzelt auch Radiolarien. Calcit, sehr feine Quarzkörner, Limmonit.

7. 3,4 m Massige Bänke von 20—30 cm, parallelepipedisch absondernd.
Mikr.: Dicht bis krümelig. Radiolarien, selten Schwammnadeln, Org. D. (Lombard).

8. 1,8 m Massige Bänke mit knorrigen Zwischenlagen, parallelepipedisch spaltend, auf der Anwitterungsfläche und im Bruch rotgeflammt.
Mikr.: Dicht bis krümelig. Onkoidische Zonen. Radiolarien, Schwammnadeln, Org. D.

9. 2,5 m Dünngebankte Kalke, 2—7 cm, auffällig auswitternd (vgl. Profil).
Mikr.: dicht, dunklere und hellere Partien. Org. D. sonst steril. Quarzsand in Lagen und Nestern, Calcitkörner, eisenkarbonatische Nester. Den mineralischen Einschlüssen folgen onkoidische Zonen.

10. 1 m Massiger Kalk.
Mikr.: Wie Nr. 8.

11. 5,8 m Dünngeschichtete Kalke, 2—5 cm, mit tonigen Zwischenlagen.
Mikr.: Fast dicht, selten leicht aufgelöst. Schalentrümmer, wenige Schwammnadeln, keine Radiolarien. Org. D. (formes connexes, vgl. A. LOMBARD Lit. 30). Pyrit, gut abgegrenzte Kristalle. Quarzsand häufig in Schlieren, recht grobe Körner.

12. 3,4 m Massiger Kalk, mit vielen Calcitadern, kein Dünnschliff.

(Störung) — — — — — — — — — —

13. 2 m Bänke von 10—15 cm mit muscheligem Bruch.
Mikr.: Fast dicht, stellenweise ganz fein aufgelöst, eher feinkörnig als krümelig. Einige Radiolarien, vereinzelt Schwammnadeln. Quarz.

14. 5,8 m Dünngeschichtete Kalke, dichtanschließend, aber mit feinen Schlieren durchzogen. Bänke von 7—12 cm, wie 13.
Mikr.: Fast dicht und steril, einige Radiolarien. Wenig Quarz als winzige Körner.

15. 0,06 m Schiefrige Zwischenlage mit bräunlicher Anwitterung.
Mikr.: Dicht, mergelig, braun. Steril. Lagenweise Anreicherung von Quarzkörnern. Pyrit und Limonit.

16. 8,2 m Massiger Kalk, gut spaltend bei glattem oder leicht muscheligem Bruch. Gegen unten dünnbankig werdend. Ab und zu eisenschüssige Zwischenlagen. Die obersten 2 m sind dünnbankig.
Mikr.: Aufgelöste Str. krümelig-onkoidisch, typische Uebergangsstruktur. Radiolarien, Schwammnadeln, Calcit, Quarzkörner, Pyrit.

17. 6,0 m Dünngeschichteter Kalk, aufspaltend. Bänke von 3—7 cm mit mergeligen Zwischenlagen, gelb anwitternd.
Mikr. a) nicht ganz dicht, auflösbar in dunkle Pünktchen. Radiolarien in einem schlierigen Band, Schwammnadeln. Einige Quarzkörner, Calcitkriställchen.
Mikr. b) dunkelbraun, mergelig und schlierig. Auflösbar in dunklere und hellere Partien, fast knollig. Schwammnadeln, Echinodermentrümmer, Org. D. (formes bipartites) Pyrit und wenig Quarz.
Mikr. c) (aus den untersten ganz dünnbankigen Kalken) ziemlich dicht. Keine Organismen. Sehr wenig feine Quarzkörnchen. Pyrit in dunklen Schlieren.

18. 6,0 m Dünngeschichteter Kalk, durch die Verwitterung aufgespalten, ohne mergelige Zwischenlagen, schlierig.
Mikr.: Dicht, mit vereinzelten dunklen Knollen. Keine Organismen. Ganz feiner Quarz, etwas Eisenkarbonat.

19. 5,3 m Dünngebankte Kalke, wie 18, hie und da mit einer härteren, hervorstehenden Bank, z. T. leicht eisenschüssig, glatt spaltend.
Mikr.: Krümelig, vereinzelt Radiolarien, Schwammnadeln in Nestern. Ganz selten Quarz, Pyrit.

20. 0,5 m Eine hervorragende Bank, die sich schon von ferne im Gelände beobachten läßt. Rauh anwitternd.
Mikr.: Breccie aus authigenem Material, grobe Onkoide. Die Komponenten sind heller als der Zement.
Grundmasse: Ziemlich dunkel, fast dicht, teilweise leicht aufgelöst, aber noch nicht krümelig. Radiolarien, Schwammnadeln, unbekannte Organismen (Foraminiferen?).
Komponenten: Hellgrau, krümelig, beginnende Bildung von Onkoiden. Radiolarien in großer Menge. Schlieren umsäumen die Komponenten, auch reiner Calcit. Ein ganzes Nest kleiner Quarzkörner. Es handelt sich bei der vorliegenden Bank um eine Grenzbreccie im Sinne Rod's (Lit. 36). (Vgl. Fig. 19.)
21. 0,9 m Dünngebankte Kalke.
Mikr.: Dicht, steril, etwas Pyrit.
22. 1,5 m Dünngebankte Kalke.
Mikr.: Meist dicht, stellenweise aber auflösbar in feine Pünktchen. Radiolarien, wenig Schwammnadeln. Selten Quarz.
23. 4,8 m Dunklerer, massiger Kalk, würfelig spaltend und in unregelmäßigen Bänken auftretend.
Mikr.: Krümelig, viele Radiolarien und Schwammnadeln, selten Quarz.
24. 1,2 m Dünnere Bänke, im Aussehen jedoch wie 23.
Mikr.: Beginnende Auflösung in die krümelige Str. Zonenweise krümelig. Schwammnadeln, Radiolarien. Calcit, etwas Quarz, Limonit.
25. 0,7 m Eine massige Bank, deutlich hervorstehend.
Mikr.: Fast dicht, selten leicht aufgelöst. Radiolarien und Schwammnadeln. Limonit, Quarz.
26. 2,0 m Dünngebankte Kalke.
Mikr.: Dicht bis krümelig. Sehr selten einige Radiolarien. Quarzkörner.
27. a) 0,4 m eine tonige Bank, etwas herauswitternd, dunkel im Bruch.
Mikr.: Dicht bis leicht aufgelöst, fast krümelig. Einige Radiolarien. Selten Quarze.
b) 0,3 m dünnbankig, etwas widerstandsfähiger.
Mikr.: Krümelig, grobkörnig. Viele Organismentrümmer: Textularien, Schwammnadeln und unbestimmbare Formen. Limonit, Quarz. Es dürfte sich um eine nicht besonders ausgeprägte Grenzbank handeln.
28. 1,48 m Dünngeschichteter Kalk, Bänke von 5—15 cm. Unebene Schichtflächen, schlierig.
Mikr.: Gegen oben schlierig und krümelig, fast kalksandig. Ziemlich häufig kleine Quarzkörner. Limonit. Keine Organismen.
29. 1,1 m Massige Bank von homogenem Kalk. Bruch glatt bis muschelig.
Mikr.: Str. krümelig bis onkoidisch. Helle Komponenten herrschen vor. Schwammnadeln, Radiolarien und Schalentrümmer. Ertwas Quarz vorhanden.
30. a) 0,65 m feinbankig und knorrig auf der Anwitterungsfläche.
b) 0,15 m feste Bank.
c) 1,5 m zwei Mergelbänder mit 35 cm mächtiger Bank dazwischen.
Mikr. c): Dicht, wenige Radiolarien und Schwammnadeln, Quarz.
31. 3,0 m Massiger Kalk mit prismatischer Absonderung.
Mikr.: krümelig aufgelöst. Viele Organismen: Spongientrümmer in netzartiger Str. Radiolarien. Calcit vorherrschend.
32. 4,45 m Massiger und knolliger Kalk.
Mikr.: Krümelig bis onkoidisch, lagig, fast brecciös. Radiolarien, Schwammnadeln (Foraminiferen?). Limonit, Quarz.
33. 0,5 m allmählich pseudobrecciös werdend, nicht von 32 zu trennen. Grobe Anwitterungsfläche.

Mikr.: krümelig bis onkoidisch, sehr wechselvoll. Massenhaft Organismen: Radiolarien, netzförmige Gebilde von Spongientrümmern. Org. D. viele unbestimmte Formen. Sehr selten Quarz.

34. 0,7 m Ein Horizont von knolligem, dünngeschichtetem Kalk.
Mikr.: ähnlich wie 33 und 32. Ovale Radiolarien (tektonisch verzerrt), seltener Schwammnadeln.

35. 5,75 m Massige Bänke mit knorrigen Zwischenlagen.
Mikr.: Ein ausgesprochener Radiolarienkalk. Str. krümelig. Radiolarien in großer Menge. Schwammnadeln und Org. D. Calcit, Pyrit und etwas Quarz.

36. 2,0 m Wie 35, ebenso im Dünnschliff.

37. 4,95 m Dünngebankte Kalke, Bänke von 10—15 cm. Unten abschließend eine etwas hervorstehende Bank, auch dünnschichtig. Die Schichtflächen sind knorrig, linsig und wittern gerne aus. (Kehle im Gelände.)
Mikr.: Dicht bis fein krümelig. Entlang den Auflösungszonen stellen sich Limonitkörnchen ein. Selten Radiolarien oder Schwammnadeln. Org. D.

38. 4,4 m Dieselbe Ausbildung wie 37, nur noch dünnbankiger, knorriger und linsiger.
Mikr.: Dicht, selten Schwammnadeln oder Radiolarien.

39. 2,0 m Massiger, eisenschüssiger Kalk, heller als 38.
Mikr.: Krümelig bis onkoidisch. Sehr viele Calciteinschlüsse, dunkle, knollige Flecken (pseudobrecciös?). Schwammnadeln, einige Radiolarien, Org. D. Haematit, sehr wenig Quarz.

40. 2,0 m Dasselbe wie 39, die Bänke werden jedoch immer mächtiger. Mächtigkeiten von mehr als 50 cm.
Mikr.: Wolkig, uneinheitlich, teilweise krümelig. Viele Radiolarien, insbesondere Schwammnadeln. Org. D, (formes bipartites). Spuren von Quarz, wenig Pyrit, Haematit.

41. 6,0 m Heller, bankiger Kalk, gegen unten graufleckig werdend.
Mikr.: Mehr oder weniger aufgelöst, krümelig, größere Calciteinschlüsse. Foraminiferen unbekannter Art. Radiolarien, sehr viele Schwammnadeln (nadelfilzige Str.), Schalentrümmer von Schnecken, Org. D.

42. 10,0 m Heller massiger Kalk mit schwer erkennbaren Flecken.
Mikr.: Wie 41, etwas weniger calcitisch.

43. 4,5 m Heller, massiger Kalk, wie 42.
Mikr.: Flächenhaft leichte Auflösung, stellenweise dunklere Partien, welche schlecht abgegrenzt sind. Viele Calciteinschlüsse. Radiolarien, Schwammnadeln und einige unbestimmbare Formen. Quarz, Haematit.

44. 0,32 m Spätiger, eisenschüssiger Kalk mit körnig-rauher Bruchfläche.
Mikr.: dicht bis krümelig. Radiolarien, Org. D., vereinzelte Schwammnadeln, ganz feiner Quarzsand.

45. 12,0 m Massiger, etwas knolliger Kalk, immer gleich bleibend, Typus der »fausse brèche«.
Mikr.: Fast konglomeratisch, viele Knollen, hell, in dunklem Zement. Dunkle Schlieren umhüllen die Gerölle. Die Gerölle enthalten viele Organismen.
Grundmasse: graubraun, fast dicht, einige wenige Radiolarien und Schwammnadeln, Org. D., selten Quarz.
Komponenten: krümelig bis onkoidisch, hellgrau. Auffallend viele Radiolarien (Radiolarienkalk), Calcit, Limonit.

46. 16 m Massiger, teils fleckiger Kalk mit Kieselknauereinlagen.
Mikr.: Hellgrau-bräunlich, fleckig, leicht aufgelöst, ähnlich wie 45. Sehr viele Radiolarien, auch Schwammnadeln. Calcit, Limonit. Quarz selten bis fehlend.

47. 15,0 m Heller Kalk mit knorrig-mergeligen Zwischenlagen, oben Kieselknauern.
Mikr.: Dicht, Auflösung des Pigmentes in Höfen, hier krümelig. Schlierige Zonen. Große Radiolarien, Schalentrümmer. Gut begrenzter Pyrit mit rostiger Infiltration des umliegenden Zementes.

48. X m Wechsellagerung von Kalkbänken mit Mergelschiefern (Argovien). Mächtigkeit unbestimmbar.
Mikr.: Dunkler Kalk, teilweise braun mit schwarzen Schlieren und fleckig. Radiolarien. Limonit in Höfen, Quarz.

Bemerkungen zu Profil 2.

Die Messungen im Gelände sind, etwas schematisiert und vereinfacht, im Profil (Tafel II) niedergelegt. Die Darstellung zeigt deutlich, daß der Malm, welcher die trotzigen Wände zwischen Ars und Gantbach aufbaut, bei weitem nicht so einheitlich zusammengesetzt ist, wie es auf den ersten Blick scheinen möchte. Sie veranschaulicht im Gegenteil einen regen Wechsel von dicken und dünnen Bänken, wobei in der oberen Hälfte eine weitaus feinere Gliederung mit vorherrschend dünngebankten Kalken auffällt. Erst das eingehende stratigraphische Studium erhellt, daß die zwei Felssimse entlang den Natterwengen, welche von mehreren Brüchen durchsetzt (Brüche am Ars, p. 67) zwei verschiedenen Bändern dünngebankter Kalke entsprechen, die eine Auswitterung begünstigt haben.

Bemerkenswert ist dann, daß von Profil Nr. 38 an abwärts die dickbankigen Kalke vorherrschen. Ihre Bankung ist von einer auffälligen Regelmäßigkeit und der Habitus des Gesteins ist sehr konstant. Vor allem sind es knollige bis fleckige Kalke, welche in ihrem unteren Teil auch Kieselkonkretionen enthalten. Erst nach etwa 50 m gleichartigen Gesteins tritt ein auffälliger Wechsel ein, indem ca. 10 m hellere, mit knorrig-mergeligen Zwischenlagen wechsellagernde Bänke einsetzen, die dann in die Kalke und Mergelschiefer des Argovien überführen. (Prof. Nr. 47.)

Die Schliffbilder zeigen oft Wiederholungen. Verschiedene Strukturtypen regen zu Studien und Vergleichen an. Auffallend ist die Tatsache, daß die »dünngebankten Kalke« absolut steril sind, eine Beobachtung, welche bereits E. ROD (Lit. 36) gemacht hat. Sterile Zonen stellt auch FICHTER im Malm des Gonzen (Lit. 8) fest.

Makrofossilien wurden leider keine gefunden, nicht einmal Spuren davon. Es fehlt auch die typische Ausbildung der Grenzbreccie, in welcher ROD (Lit. 36) seine bemerkenswerten Funde machte. Ihre Aequivalente sind jedoch zweifelsohne vorhanden, so z. B. Profil Nr. 20.

Als Mikrofossilien treten in der Hauptsache Radiolarien und

Schwammnadeln auf. Die untere Hälfte des unteren Quintner-Kalkes ist z. B. ein ausgesprochener Radiolarienkalk, die obere Hälfte ein Spongienkalk. (Vgl. Profil, Tafel II) Calpionella alpina, Lorenz, wurde nur in Profil Nr. 1, in der Breccie an der Basis der Kreide festgestellt. Anstehender Calpionellenkalk wurde nicht gefunden. Durchgehend konnte auch der mysteriöse Organismus D. (nach LOMBARD) gefunden werden, vorwiegend in den zwei Formen der »bipartites« und »radiaires« (LOMBARD, Lit. 30). Die Häufigkeit dieses Organismus nimmt gegen oben zu.

In einem gewissen Verhältnis und Zusammenhang zum Auftreten der Mikroorganismen steht die Mikrostruktur des Gesteins. (Vgl. Lithologie p. 52.) Es wurde versucht, das gegenseitige Verhalten graphisch darzustellen. Es zeigt sich ganz allgemein eine Gesetzmäßigkeit darin, daß mit vielen Organismen eine krümelige oder onkoidische Struktur, mit der Fossilarmut oder der Sterilität eine dichte Struktur parallel geht. Dünngebankte Kalke sind demnach immer dicht, massige Kalke krümelig, Grenzhorizonte onkoidisch. Dazwischen existieren viele Uebergangsstrukturen, welche zum Gesteinsäußern nur ungenügend in Uebereinstimmung gebracht werden können. Es stellt sich die Frage: Handelt es sich um eine lokale Erscheinung, oder eine weitverbreitete? Ein Vergleich mit den anderen Profilen beantwortet die Frage. (Vgl. Mikrostrukturen, p. 52.)

Profil 3 (E unterhalb Telli).

Lokalität:

Es war nicht leicht im SW Teil des Untersuchungsgebietes ein taugliches, durchgehendes Profil zu finden. Aufnahmen an der Burgegg und am Hartisberg zeigten sich aus tektonischen Gründen als teilweise unbrauchbar.

Profil Nr. 3 wurde im Raume Groß-Hundshorn—Wild Andrist—Kilchfluh aufgenommen. Seine stratigraphische Obergrenze befindet sich im Isoklinaltälchen, das sich von den SE Hängen des Wild Andrist gegen Hohkien hinabzieht. Im NW wird es von einem Grat begrenzt, der ebenfalls vom Wild Andrist heruntersteigt. Vom erwähnten Tälchen nach SE gelangt man in eine antiklinale Umbiegung des Malm, wobei am rechten Talhang die Schichten vorerst steil nach NW einfallen, gegen SE hin allmählich flacher werden. Ein vom Telli herabfallendes Tälchen schneidet den Rücken

dieser Malmantiklinale so tief, daß selbst die Mergelschiefer des Argovien zutage treten. (Vgl. Tektonik, p. 80.)

Die Malmantiklinale wird von einigen nahezu parallel zur Faltenaxe verlaufenden Brüchen geschnitten, welche die Schichtserie jedoch nicht wesentlich verstellen. Der Fehler in der Summe der gemessenen Mächtigkeiten dürfte daher ± 5 m nicht übersteigen. Profil Nr. 3 kann nur in schneearmen Sommern begangen werden. Die ältere Topographie des Blattes Blümlisalp (geol. Bearb. von KREBS, Lit. 27) läßt das ganze Gebiet unter Firnschnee verschwinden.

Profil 3.

(stratigraphisch von oben nach unten, in der Natur von unten nach oben)

1. X m Braun-violett getönte Mergelschiefer, fein geschiefert. Kalkigere Plättchen mit feineren Mergelzwischenlagen wechselnd. (Unteres Valanginien.)
2. 3,0 m Kalkbreccie mit schichteigenen Komponenten, bankig. (Eingehendere Beschreibung als Breccien an der Basis der Kreide.)
   Mikr.: Breccienstruktur deutlich, hellgraue Komponenten mit bis zu 2 cm Durchmesser, in einer dunkelgraubraunen Grundmasse.
   Grundmasse: krümelig - mergelig mit vielen Organismentrümmern. Schwammnadeln zahlreich, Calpionellen, vereinzelt Textularien, Schalentrümmer, Org. D. einzellige und zweizellige Individuen. Eckige Quarzkörner.
   Komponenten: Nahezu dichter Kalk, selten leicht aufgelöst und krümelig. Verschiedene Varietäten mit Radiolarien, Schwammnadeln, Calpionellen (?).
   Pyritindividuen, teilweise von Quarzschweifen begleitet, worin sich vereinzelt Chlorit findet.
3. 4,1 m Knolliger, dünngebankter Kalk (5—10 cm), bläulich anwitternd.
   Mikr.: dicht bis ganz schwach krümelig. Fast steril, nur einige Org. D. (formes bipartites). Pyrit und Quarz.
4. 6,5 m Schlieriger Kalk, rauh anwitternd in Bänken mit knolligen Zwischenlagen, grau, im Bruch bläulich.
   Mikr.: Durch Umkristallisation gelockerte Str. fast onkoidisch, schlierig. Radiolarien, Schwammnadeln untergeordnet. Sehr wenig Quarz.
5. 4,3 m Dünngebankter Kalk, linsig gelagert, hellbraun anwitternd, im Bruch splittrig, muschelig bis kantig brechend.
   Mikr.: Dicht, gegen oben zunehmend onkoidisch. Radiolarien, wenig Schwammnadeln. Pyrit und sehr wenig Quarz.
6. 5,5 m Pseudobreccie mit eisenschüssigen Calciteinschlüssen, teilweise pyritisch und rotgefleckt. Die Bank steht deutlich hervor und hebt sich gegen die dünngebankten Kalke ab. Löcherige Auswitterung des Calcites.
   Mikr.: Ohne Vergrößerung ist die schlierig-brecciöse Str. erkennbar. Hellere und dunklere Komponenten unscharf voneinander getrennt.
   Grundmasse: Dunkel bis braungrau, dunklere Pigmentkonzentrationen, beginnende Bildung von großen Onkoiden. Schalentrümmer, Christellaria, einzelne Schwammnadeln. Unbekannte Organismen. Limonit. Quarz sehr selten.

Komponenten: Heller, grauer Kalk. Krümelig bis onkoidisch wie der Zement. Einige Radiolarien, Schalentrümmer und Schwammnadeln. Pyrit. Als Konzentrationskerne für die Onkoide finden sich öfters kleine, helle Körperchen.

7. 9,2 m Dünngeschichteter Kalk, scharf abgegrenzte Bänke, bräunlich anwitternd und parallelepipedisch spaltend.
Mikr.: dicht, gegen oben krümelig. Keine Organismen. In den obersten Bänken einige Schalentrümmer, Org. D. Etwas Limonit und Quarz.

8. 8,65 m Dünngebankter Kalk, 10—15 cm, splitterig und unregelmäßig brechend, rauh anwitternd.
Mikr.: Krümelig bis onkoidisch (vgl. Fig. 13). Organismen spärlich, einige Radiolarien, Schnitte von unbekannten Organismen, Schwammnadeln. Sehr wenig Quarz, Pyrit.

9. 2,8 m Massige, angewittert etwas brecciös aussehende Bänke, mit gelblicher Anwitterungsfläche und rauhem Bruch.
Mikr.: Monogene Pseudobreccie. Kalkfragmente mit gerundeten und auch kantigen Formen. Spärlicher Zement bestehend aus Calcit und Eisencarbonat. Im durchsichtigen Zement findet man onkoidische Pigmentkonzentrationen. Da die Komponenten öfters noch mit feinen Brücken zusammenhängen, dürfte es sich um eine Bildung »in situ« handeln. Oft ist sogar die Trennung zwischen Komponente und Zement unmöglich. Organismen sind selten, hie und da eine Radiolarie in den Komponenten. Calcit, Eisencarbonat, Haematit, etwas Quarz als Begleiter des sehr häufigen Pyrites.

10. 4,3 m Dünngebankter Kalk mit tonigen Zwischenlagen, rauhe Oberfläche, wittert teilweise rötlich an.
Mikr.: dichter, toniger Kalk, dunkelbraun, mit Schlieren. Keine Organismen. Quarz in Häufchen, meist parallel den Schlieren.

11. 8,0 m Gebankter Kalk, 10—20 cm, rauh anwitternd.
Mikr.: Körnige bis leicht onkoidische Str., stark pigmentiert. Häufig Radiolarien, Org. D. Kleine Quarzkörner.

12. 5,8 m Fein gebankter Kalk, 3—7 cm.
Mikr.: Dicht, steril. Spärlich Quarzkörner.

13. 14,0 m Dünnbankige Kalke. Platten von 5—8 cm.
Mikr.: Dicht, steril, Pyrit, Quarz noch seltener als bei 12.

14. 4,2 m Dünnbankige Kalke. Platten von 5—8 cm.
Mikr.: Dicht, vollkommen steril. Quarz sehr spärlich.

15. 10,9 m Dünngebankter Kalk, gegen oben dickbankiger.
Mikr.: Meist noch dicht, allmählich übergehend in die krümelige Struktur. Unten noch ganz steril, gegen oben Radiolarien und Schwammnadeln. Die Radiolarien sind meist deformiert, oval, eine Folge tektonischer Einwirkung. Allerfeinste Quarzkörnchen.

16. 4,5 m Massige Kalkbänke mit schlierigen und knorrigen Zwischenlagen. Mächtigkeit der Bänke 15—20 cm.
Mikr.: Ein richtiger Radiolarienkalk. Aufgelöste, krümelige Str. Radiolarien vorherrschend, untergeordnet Schwammnadeln und Org. D. (formes bipartites).

17. 5,3 m Dunkler, dünnbankiger Kalk, gegen oben massiger werdend.
Mikr.: Dicht bis leicht aufgelöst. Radiolarien, gegen oben zunehmend, calcitische Raumfüllungen, Pyrit, Quarz.

18. 2,8 m Massiger Kalk, ohne Spuren von Makrofossilien.
Mikr.: Krümelig bis onkoidisch. Das Gestein ist aufgespalten. Spalten und Höfe angefüllt von reinem Calcit, worin sich kleine, onkoidische Pigmentkonzentrationen finden. Radiolarien, Schwammnadeln, Schalentrümmer und Org. D. Calcit, Eisencarbonat, wenig Quarz.

19. 8,2 m Dünnbankiger Kalk, 8—15 cm. Auftreten von Ammonitensteinkernen. Bänke werden allmählich dicker gegen oben. (Vgl. Makrofossilien, p. 46.)
Mikr.: Fast ganz dicht, einige suturenhafte Schlieren. Einige Schwammnadeln und Radiolarien, Org. D. Pyrit und wenig Quarz.

20. 5,5 m Dünngebankter Kalk, etwas schlierig, ungleichmäßige Bankung, gegen oben grobknollig werdend.
Mikr.: Starke Auflösung, krümelig bis onkoidisch. Ein wildes Durcheinander von Schwammnadeln und Radiolarien. Nadelfilzige Str. Org. D. und ein Organismus, der nicht bestimmt werden konnte. Selten Quarz. Feinster Hämatit.

21. 10 m Schlieriger Knollenkalk, mit roten Flecken auf der Anwitterungsfläche, deutlich erkennbar bei Benetzung der Oberfläche, fast konglomeratisches Aussehen. Kalke vom Typus der »fausse brèche«. (Fig. 24)
Mikr.: Krümelige Str., calcitische Einlagen, Zonen stärkerer Auflösung. Viele Schwammnadeln, Radiolarien, Org. D. Cristellarien, Quarz, scharfe eckige Körner.

22. 8,0 m Kalke wie 21. Die Knollen werden gegen unten kleiner und dunkler. Das Bindemittel hat fast brecciöses Aussehen.
Mikr.: Leicht aufgelöst, krümelig. Organismen und Mineralien wie 21. Hämatit.

23. 10 m Knollenkalk wie 21. Die Komponenten werden immer kleiner. Man erkennt die Str. erst beim Befeuchten der Gesteinsoberfläche.
Mikr.: Dicht bis krümelig. Hellere und körnigere Partien. Rötlichbraune Schlieren durchziehen das Gestein im Zickzack. Viele Radiolarien, Schwammnadeln weniger als bei 21, sie bilden Calcitnetze. Foraminiferen (?) Org. D. Limonit in Nestern, Hämatit. Kein Quarz.

24. 9,0 m Kalke wie 23, die Flecken verschwinden hingegen allmählich.
Mikr.: Einheitlichere Str. als bei 23. Schwach angedeutete hellere und dunklere Zonen. Füllungen der Radiolarien sind krümelig. Radiolarien mit verschiedenem Erhaltungszustand:
a) Helle, kreisrunde Calcitfüllungen mit glatter oder gezahnter Peripherie.
b) Krümelige Raumfüllungen mit einem Ring heller Punkte umgeben.
Verschiedene unbestimmbare Organismen. Schwammnadeln, Org. D. Calcit, Pyrit, Hämatit.

25. 8,0 m Bänke mit Kieselknauerhorizonten, besonders in der Basis von 25 sind die Knauern auffällig häufig und groß. Wechsellagerung von fleckigem Gestein und dichtem Kalk.
Mikr.: Str. einheitlicher als bei den vorangegangenen Schichten. Radiolarien, Echinodermentrümmer. Radiolarien sind verzerrt. Org. D. hebt sich durch die Gelbfärbung seines Calcites ab. Schwammnadeln weniger häufig, Limonit in Schlieren, Quarz, Hämatit (?).

26. 6,0 m Kalke, welche oben Kieselknauern führen, unten aber etwas rotfleckig sind.

27. 15,0 m Knolliger Kalk mit mergelig-knolligen Zwischenlagen: Knotenkalk im Sinne von ARBENZ (Lit. 2).
Mikr.: Dicht bis krümelig, Radiolarien und Schwammnadeln. Pyrit und etwas Quarz.

28. X m Wechsellagerung von braunanwitternden Kalkbänken mit Mergelschiefern, welche stark von Clivage durchsetzt sind. Rauhe Anwitterungsfläche. Typische Erscheinungsform des Argoviens.
Mikr.: Nahezu dichte Grundmasse, durchsetzt von winzigen dunklen Pünktchen. Nester von Limonit, limonitische Schlieren. Die Abgrenzung der Schieren gegen das Gestein ist undeutlich und verschwommen. In den Schlieren vollkommene Pyritindividuen, Schweife von Quarz. Die

Lagerung der Mineralien in den Schlieren entspricht der Richtung der Clivage. Org. D., eine ganze Gruppe, einige unbestimmbare Org. Limonit und Quarz.

Bemerkungen zu Profil 3.

Die Beobachtungen und Messungen des Profils Nr. 3 sind im Profil auf Tafel II niedergelegt. Die Gesteinsunterschiede, welche im Gelände wegen der steilen Schichtstellung nicht deutlich zur Geltung kommen, erhellen sich aus der Profilskizze.

An der Obergrenze des Malm setzen wie gewohnt die Breccien ein, welche auch hier die Grenze gegen das auf den Malm transgredierende Valanginien darstellen. Als Komponenten der Breccie treten verschiedene Abarten von Malmkalken auf, die nach ihrem Habitus aus verschiedenen Niveaus des Malm stammen müssen. Unter den Breccienkomponenten finden sich wenige Calpionellenkalke.

Anstehend sind die Calpionellenkalke dagegen nicht mehr zu finden. Sie scheinen einer vorkretazischen Abtragung zum Opfer gefallen zu sein. Unter der Breccie folgt unmittelbar eine monotone Folge von dünngebankten Kalken, die hier im Gegensatz zu anderen Profilen gegenüber den dickbankigen überwiegen und eigentlich nur durch ein zweimaliges Auftreten vom Pseudobreccien unterbrochen werden. (Grenzbreccien im Sinne RODS, Lit. 36.) Daß es sich bei den sog. dünngebankten Kalken nicht bloß um eine lokale Erscheinung handelt, die vielleicht durch die Verwitterung bedingt sein könnte, ergibt sich aus den entsprechenden Dünnschliffen, die durchwegs dicht und steril sind.

Die Pseudobreccien sind gut ausgebildet und fallen durch hervorstehende Bänke und die zellige, rostige Auswitterungsform auf. Sie bilden im Zusammenhang mit den dünngebankten Kalken deutliche Abgrenzungen und können als Grenzen von Sedimentationszyklen aufgefaßt werden. (Vgl. ROD, Lit. 36.) Etwas dickbankigere, in ihrer Struktur krümelig bis onkoidische Kalke, mit oft beträchtlichem Gehalt an Mikroorganismen, welche in der unteren Hälfte des oberen Quintnerkalkes die dünnbankigen Kalke unterbrechen, dürften unvollkommenen Zyklengrenzen entsprechen.

Der untere Quintnerkalk besteht aus einem Komplex von massigen Kalken. Er besitzt in auffallender Uebereinstimmung mit Profil 1 und 2 die Mächtigkeit von rund 50 m. An seiner oberen Grenze setzen, wie auch in Profil 1 und 2, 10 m dünngebankte Kalke ein, welche hier in Profil 3 dadurch besonders interessant werden, da

sie mit zunehmender Bankdicke immer reicher an Ammonitensteinkernen werden. (Prof. Nr. 19.)

Es dürfte sich bei dem erwähnten Fossilhorizont um ein Aequivalent des Horizontes L (14 + 16) bei E. ROD (Lit. 36) handeln.

Die 50 m dickgebankter Kalke enthalten zur Hauptsache die »fausse brèche«, einen Horizont, der sich über große Strecken im selbigen Niveau konstatieren läßt. (Vgl. E. ROD, Lit. 36, CAYEUX, Lit. 7, ARN. HEIM, Lit. 24 und die Profile 1 und 2.)

Diese Knollenkalke, näher beschrieben p. 59, fallen besonders dann deutlich ins Auge, wenn die Schichtflächen benetzt sind. Die Knollenkalke werden unten abgeschlossen durch einen Kieselknauerhorizont.

An der Basis der Knollenkalke folgen 15 m knollige Kalke, nicht mehr vom Habitus der Knollenkalke (»fausse brèche«), mit knolligmergeligen Zwischenlagen wechsellagernd. Sie entsprechen ihrer Stellung im Profil und der Ausbildung nach den Ueberschiltschichten ARN. HEIMS, dem Knotenkalk von ARBENZ (Lit. 2) und den von ROD (Lit. 36) als »Wechsellagerung von Kalken mit dünnen knotigen Mergeln« beschriebenen Schichten des Sequanien. Fossilfunde konnten keine gemacht werden.

An der Basis dieses Knotenkalkes endlich folgt die Wechsellagerung von Kalken und Mergelschiefern des Argoviens, welche sich in der Färbung, wie im Gesteinshabitus leicht vom Malmkalk unterscheiden läßt.

Die Schliffe zeigen einige interessante Strukturen und bestätigen im Uebrigen die makroskopische Profilaufnahme. Vor allem wichtig ist das Ergebnis, daß die Strukturen der dünngebankten Kalke, auch wenn ihre Mächtigkeit überwiegend wird, mit Sicherheit dicht sind. Durchwegs entspricht ihnen eine auffällige Armut an Organismen. Was die übrigen Strukturen anbelangt, so verweise ich auf Tafel II und den Abschnitt über die Strukturtypen.

Mikrofossilien wurden besonders in den Bänken nahe der Grenzbreccien und dann besonders in den »fausses brèches« gefunden. Schwammnadeln und Radiolarien überwiegen. Die obere Hälfte des unteren Quintnerkalkes ist ein typischer Schwammnadelkalk mit nadelfilziger Struktur (Vgl. Fig. 11), der untere Teil ein Radiolarienkalk, dessen Organismen die Kieselsäure zur Bildung von Kieselknauern geliefert haben.

Calpionellen finden sich nur in den Komponenten der Kalkbreccie an der Basis der Kreide. Der Org. D., LOMBARD wurde durchgehend festgestellt. Eine größere Anzahl von Organismen konnte nicht bestimmt werden.

Teilprofil 4 auf der Gummenalp.

Lokalität:

Die Gummenalp liegt über dem unteren Quintnerkalk des Malmes von Isenfluh-Sileren (Einheit 5), der den Steilabfall gegen Alp Biglen P. 1653 nT. aufbaut. Der untere Quintnerkalk ist nicht zugänglich für Profilaufnahmen. Das Argovien, welches im Gewölbe der Sileren-Ahorniantiklinale ansteht, ist stark tektonisiert und ganz von Clivage durchsetzt. Das Profil 4 wurde daher erst im oberen Teil des unteren Quintnerkalkes begonnen und über die Gummenalp hinaus fortgesetzt bis an den Rand der Schutthalde unter der Kuhmattenfluh. Unter diesem liegen Mergelschiefer der Unterkreide verborgen, die SW der Gummenalp, unter der »Dünnen Fluh« (Vreneli) anstehend gefunden werden.

Die Profilaufnahme leidet unter einigen Brüchen, die von der Kuhmattenfluh herkommend den Malm der Gummenalp schneiden. Sie wurden nach Möglichkeit umgangen.

1. X + 7 m Heller, massiger Kalk, gegen oben schlierig und eisenschüssig werdend.
2. 4,6 m Heller bis schlieriger Kalk mit vereinzelten kieseligen Knollen, gegen oben schlieriger.
3. 1,9 m Dünngebankter Kalk, eisencarbonatische Calcitschlieren, glatt spaltend mit Ammonitensteinkernen.
4. 12 m Dünngebankter Kalk, unten 3—7 cm, oben 10—15 cm mit vereinzelten Ammonitensteinkernen.
5. 9,0 m Hellanwitternde, massige Kalke mit Tonlamellen, grob gebankt, viel reiner Calcit.
6. 6,3 m Gebankte Kalke mit teilweise körnigen Zwischenlagen, gegen oben rauh anwitternd.
7. 3,8 m Feingebankter Kalk, knorrig, 2—3 cm.
8. 3,9 m Massiger Kalk, die obersten 30 cm feinbankig.
9. 6,4 m Dünngebankt, würfelig absondernd.
10. 1,0 m Massiger, glattspaltender Kalk.
11. 1,6 m Dünngebankter Kalk, etwas mergelig.
12. 2,7 m Wie 11. Zu unterst eine Bank von 80 cm.
13. 6,4 m Dünngebankter Kalk, 3—7 cm, hell anwitternd.
14. 2,2 m Dickbankiger Kalk, massig.
15. 9,3 m Teils massig auftretende Kalke, die vorwiegend aber dünngebankt sind, mit Tonschlieren.
16. 4,2 m Dünnbankiger, schlierig durchzogener Kalk, Habitus wie 15.
17. 4,4 m Rostig anwitternder, pseudobrecciöser Kalk. Eisenkarbonatische Calcitschlieren.
18. 7,3 m Dünnbankige Kalke, wechselnd mit massigen Kalken.

Hier verschwinden die Malmbänke unter dem Gehängeschutt der Kuhmattenfluh.

Profil 5 (Burgegg).

Lokalität:

Burgegg heißt die imposante Malmwand auf der rechten Seite des Spiggengrundes, gegenüber der Markofelalp. Der Malm zieht sich in wagrechter Lagerung von der Basis des Glütschhörnli unterhalb Lauchernalp bis ob Eggschwanden, wo er jäh in eine Stirne umbiegt. Diese ist in mehrere Schollen geborsten, behält jedoch den Charakter einer Antiklinalumbiegung bei. Geht man von Eggschwanden entlang den senkrechten Schichten der Stirnpartie, so fällt gleich auf, daß diese unten geköpft sind und in krasser Diskordanz auf Eisensandstein des Aalénien liegen. Mächtige Harnische an der welligen Kontaktfläche sind Zeugen der stattgefundenen tektonischen Einwirkungen. Dieser Umstand verunmöglichte eine Profilaufnahme längs den steilstehenden Schichten. Einigermaßen normal liegt nur die Untergrenze des Malm, wo das Argovien allerdings stark reduziert ist. Eine fensterartige Oeffnung in der Stirne der Antiklinale auf der NW-Seite, durch welche die Seilbahn Eggmatt-Burglialp führt, ermöglichte eine Profilaufnahme. Der untere Quintnerkalk, hier nur mehr teilweise aufgeschlossen, kann grob gemessen auf eine Mächtigkeit von 50 m veranschlagt werden.

Das Profil an der Burgegg setzt sich aus zwei Detailprofilen, der Grenze gegen den Dogger und aus 50 m aus dem mittleren Malm mit dem Uebergang vom unteren Quintnerkalk in den oberen zusammen.

Grenze Dogger-Malm:

1. X m Spätiger Kalk des Bajocien, hellbraun anwitternd. Ammonitenfunde.
2. 0,02—0,03 m Eisenoolith, dessen Komponenten in einem bläulich-grünlichen Mergel stecken. (Vgl. Fig. 22.)
   Mikr.: Man erkennt leicht eine Transgressionsfläche. Der eisenoolithische Mergel ist in die aufgespaltene Oberfläche des Spatkalkes eingedrungen.
3. 4,0 m Graugrüne Mergel, die gelblich anwittern. Argovien.
4. 8,0 m Massige Kalkbänke mit knotigen Mergeln wechsellagernd. Sie entsprechen dem Knotenkalk.
5. ca. 50 m Massige Kalke (nur im oberen Teil zugänglich).
6. 11 m Dünngebankte Kalke, 3—7 cm. Die dünnen Schichten sind linsig.
7. 9,8 m Dicker werdende Bänke, gegen oben knollig und schlierig.
8. 2,0 m Dünngebankte Kalke, 4—7 cm, die obersten Bänke 20 cm.
9. 4,9 m Pseudobreccie. Monogene Komponenten in orangegelbem, eisencarbonatischem Zement, der herauswittert.
10. 4,0 m Dünngebankter Kalk, sehr feine Bänke, 2—4 cm.

11. 10,9 m Dünngeschichteter Kalk, gegen oben dickbankiger werdend. Bänke unten 5 cm, oben 25 cm. 10. und 11. bilden zusammen ein auffälliges Grasband.
12. 4,00 m Massige Kalke mit rauhem Bruch in den obersten Bänken.

Von hier an ist das Profil durch Vegetation bedeckt, so daß eine weitere Profilaufnahme nicht mehr möglich ist. Weiter oben, vielleicht 20 m höher im Profil, findet man parallelepipedisch spaltende, graubraune Kalke mit Calpionellen. Weiter finden sich an der Obergrenze des Malm, jedoch nicht anstehend, Stücke eines mikrobrecciösen bis oolithischen Kalkes mit Coscinoconus alpinus. (Vgl. Fig. 18.)

Sehr häufig ist auf der Burglialp die typische Kalkbreccie an der Basis der Kreide, welche jedoch nur an wenigen Stellen wirklich anstehend zu treffen ist.

Zusammenfassung.

Ueber Spatkalk des Bajocien trangrediert ein blauer Mergel, der an der Transgressionsfläche 2—3 cm aufgearbeiteten Eisenoolithes enthält. Ob sich dieser Mergel über die Stufen des Argovien, Oxfordien und sogar des Callovien erstreckt, kann mangels bestimmbarer Fossilien nicht mit Bestimmtheit gesagt werden.

Argovien und Knotenkalk sind gegenüber den übrigen Profilen stark reduziert, was eine Folge der lokalen Tektonik sein dürfte. Der untere Quintnerkalk dagegen tritt in seiner üblichen Mächtigkeit von rund 50 m auf. Darüber folgt durchgehend das 1. Band dünngebankter Kalke, überlagert durch einen Komplex massigen, im oberen Teil etwas knolligen Kalkes. Nach einer weiteren Folge von dünngeschichteten Kalken folgt eine auffällige Pseudobreccie.

In den höheren Kalkbänken deuten Habitus und Dünnschliff auf Tithon. Calpionellenkalke konnten eindeutig nachgewiesen werden. Leider ließ sich der spätig-oolithische Kalk nirgends in das Profil einreihen. Er unterscheidet sich jedoch so auffällig von den rauhen und braunen Schiefern der unteren Kreide und ist den von LEUPOLD und BIGLER (Lit. 28) beschriebenen, Coscinoconus führenden Breccien oder Spatkalken überaus ähnlich. Während im Faulhorngebiet über dieser Bank, welche nach den obgenannten Autoren gewissermaßen als Grenzbank zwischen Tithon und Infravalanginien angesprochen werden kann, die Zementsteinschichten folgen, setzen auf der Burglialp gleich die sog. Berriasmergel ein.

An der Basis der Kreide findet sich die schon mehrmals erwähnte Kalkbreccie.

Teilprofil 6 (Drettenhorn).

Lokalität:

Das Drettenhorn (2794 m nT.) erhebt sich als markanter Gipfel der Schwalmerngruppe N der Kienegg. Schon von ferne fällt die schroffe, nach S und SE schauende Malmwand auf, die in verkehrter Lagerung wurzellos auf schwarzen Mergelschiefern der unteren Kreide liegt. Ueber der scharfen Kante der Wand stehen die braun bis gelb anwitternden Mergel und Kalke des Argovien an, über welchen wiederum eine verkehrte Serie von dunklen Kreidemergeln und Malm folgt, das Gipfelkäppchen des Drettenhornes. Nach Messungen in der neuen topographischen Karte, Blatt Lauterbrunnen, mißt die Wand 100 m, welcher Wert die hier im Gelände unausführbaren Messungen ersetzen muß. Mit Ausnahme der obersten Wandpartien herrschen dünngebankte Kalke vor, die z. T. deutlich als Kehlen auswittern, oder dann an ihrer dunkleren Färbung erkennbar sind. Das Teilprofil konnte entlang einer Runse auf der S-Seite der Wand untersucht werden und erstreckt sich über ca. 40 m des obersten, hier erhaltenen Malmes. An der Basis gegen die Kreide liegt auch eine Kalkbreccie, die später beschrieben wird.

Das Argovien, das ein vollständig zerrüttetes Aussehen hat, wurde nicht untersucht, ebenso nicht der Gipfelmalm. Der untere Malm (unterer Quintnerkalk) dürfte reduziert sein. Seine effektive Mächtigkeit kann auch nicht schätzungsweise angegeben werden.

Das Profil selbst beginnt an einer markanten, oben und unten von dünnen, teils mergeligen Bändchen begrenzten Kalkbank, die hervorsteht.

Teilprofil 6 (Drettenhorn).

(Von oben nach unten, strat. von unten nach oben.)

1. X m Dünngebankte Kalke, 2—5 cm, nicht auswitternd.
2. 0,5 m Massige Bank, hervorstehend.
3. 5,0 m Dünngebankter Kalk, Platten bildend, ohne Mergelzwischenlagerungen.
   Mikr.: Dicht bis schwach krümelig, wolkige Partien. Org. D. Radiolarien, Schwammnadeln, Schalentrümmer. Pyrit in gut begrenzten Kriställchen in Calcitraumfüllungen.
4. 2,5 m Dünngeschichteter Kalk, wie 3.
5. 3,0 m Massige Bank von hellem Kalk.
6. 4,5 m Ganz fein gebankte Kalke, 3—5 cm, stark auswitternd.
   Mikr.: Dichter Kalk, steril, Pyritkörnchen, feinste Quarzsandkörnchen.
7. 4,5 m Massiger Kalk, von vielen Calcitadern durchzogen.

Mikr.: Dicht bis krümelig. Radiolarien, Ostracodenschälchen, Org. D. (formes fixées) recht häufig, unbekannter, kugeliger Org. vereinzelt Schwammnadeln. Reiner Calcit, selten Pyrit.

8. 3,0 m Dünnbankiger, allmählich massiger werdender Kalk.
Mikr.: Dicht mit schwach angedeuteten Zonen geringer Auflösung und Rekristallisation. Schwammnadeln, Radiolarien, Org. D. Unbekannte Organismen.

9. 3,0 m Dünnbankig, allmählich dicker werdend, als Fortsetzung vom 8, wie 8.

10. 1,1 m 4 Bänke von 25 cm mit feiner Zwischenlage, parallelepipedisch absondernd, heller als 9.
Mikr.: Krümelig, hellgraue Spaltfüllungen zwischen dunkelgrauer Masse. Viele Organismen: Radiolarien, Schwammnadeln, Org. D. Textularien, Ostracodenschalen, unbestimmbare ring- und eiförmige Gebilde. Vereinzelt eckige Quarzkörner.

11. 12,0 m Dünngebankter Kalk, bläulich anwitternd, nach und nach dickbankiger werdend, parallelepipedisch absondernd.
Mikr.: Dicht, in Höfen krümelige Str. mit Quarzsand. Vereinzelt Schwammnadeln und Ostracodenschalen.

12. 0,2—0,5 m Heller, massiger Kalk, parallelepipedisch spaltend. Glasig klirrende Splitter.
Mikr.: Krümeliger, onkoidischer Kalk, mit stärker pigmentierten Partien. Sehr viele Calpionellen und Radiolarien, vereinzelte Schwammnadeln, pseudocyklamminaähnliche Form, wenig Quarzsand, Pyrit.

13. 2,3 m Kalkbreccie (vergl. Beschreibung weiter unten).

14. X m Braunschwarze Mergelschiefer der Unterkreide.
(Vgl. Tafel II).

Bemerkungen zur Stratigraphie und Tektonik des Malm an der Schöni (Kiental).

Die Burgeggfalte steigt über dem Spiggengrund nach SW derart axial an, daß auf dem Abendberg (1914 aT.) nur noch unbedeutende Reste des einst so stolzen Gewölbes anzutreffen sind. Erst an der Schöni (2000 aT.) stellen sich der Malm und die ihn überlagernden Mergelschiefer der unteren Kreide wieder ein. Dieser Malm scheint, trotzdem die obere und untere Grenze leicht festgestellt werden können, in reduzierterer Mächtigkeit als an der Burgegg aufzutreten.

Aus der geologischen Karte Blatt Blüemlisalp kann man nichts über die Natur des Malmes an der Schöni erfahren. GÜNZLER-SEIFFERT (Lit. 18) läßt auf dem Profil zur Kientaler Postroute ganz entsprechend der Erscheinung, den Malm an der Schöni auf der Seite der Gorneren nach SE hin allmählich dünner werden. Schräg nach SE einfallende Brüche lösen nach diesem Profil den Malm in einzelne Schollen auf. Nach dieser Darstellung besteht aber auch die Möglichkeit, daß die in die Augen springende Mächtigkeitsabnahme des Malmes durch eine Transgression bedingt sei.

Auf Anregung von DR. GÜNZLER-SEIFFERT unterzog ich die fragliche Stelle einer eingehenden Untersuchung.

Steigt man von Steinenberg den kleinen Fußpfad hinan zur Schöni, so wandert man bis auf eine Höhe von ca. 1800 m im Eisensandstein des Aaléniens. Hier gelangt man in Schiefer des Bajocien, schließlich quert man den Spatkalk. Das Einsetzen des Malms (Callovien und Oxfordien fehlen) äußert sich vorerst durch ein Steilerwerden der Gehänge. Der Malm erreicht teilweise kaum eine Mächtigkeit von 50 m. Die Obergrenze des Malms ist scharf und folgt meist einer ausgeprägten Fläche, welche steil bergeinwärts fällt. An diesem Kontakt erscheint der Malm stark tektonisiert. Die hangenden Bertiasschiefer lassen nirgends eine deutliche Schichtung erkennen. Die an Transgressionsflächen sonst auftretenden Breccien können nicht gefunden werden. Es zeigt sich, daß die Obergrenze des Malms ganz uneinheitlich ist. Vorherrschend sind die erwähnten, steil hangwärts einfallenden Kontaktflächen, die als Brüche gedeutet werden müssen, seltener liegen die Kreidemergelschiefer über wagrechten Malmbänken. Bei der letzteren Art der Obergrenze handelt es sich offenbar um eine stratigraphische Grenze, denn ein Schliff aus der obersten Malmkalkbank zeigt folgendes Bild:

Mikr.: Krümelige Str. mit größeren, stark pigmentierten Calcitkörnern, welche Organismen umschließen. Dunkle Schlieren in komplizierten Bahnen, darin Eisencarbonat. Calpionellen, Radiolarien, Schwammnadeln, Cristellarien, Org. D. Unbekannte Org. Eisencarbonat und Pyrit in den Schlieren, Quarz selten.

Die Calpionellenkalke sind also vertreten, was eine bedeutende Transgression an sich schon ausschließt. Danach ist es auch unwahrscheinlich, daß der Malm knapp 50 m weiter SE bis ins Argovien abgetragen sein soll. Das ganze Phänomen der Reduktion dieses Malmes muß daher auf Bruchbildungen zurückzuführen sein.

Man kann sich durch einen Ueberblick über die ganze Alp Schöni überzeugen, daß der Malm von einer Schar paralleler Brüche geschnitten ist, die alle steil in den Hang hinein fallen, d. h. nach NE. Sie haben bewirkt, daß obere Malmpartien an vielen Stellen in den Hang hinein, also unter die Mergelschiefer der Kreide verstellt wurden, da der NE-Flügel abgesunken ist. Diese Brüche wirken im Sinne einer Verstärkung des Axialgefälles und gehören zu der gleichen Familie der Brüche wie die an der Kilchfluh, die alle in die Schwalmerndepression hinabweisen.

Neben diesen senkrecht zur Faltenaxe streichenden Brüchen erkennt man am Schöni aber auch Brüche, deren Spuren axial verlaufen, also senkrecht zur Schubrichtung der Decken. Die Kom-

bination dieser beiden senkrecht zueinander stehenden Brüche hat die komplizierten Verhältnisse an der Schöni geschaffen.

Zusammenfassung.

Man darf annehmen, daß nach Eliminierung der reduzierenden Wirkung der Brüche der Malm an der Schöni in derselben oder nur in unbedeutend verminderter Mächtigkeit auftreten würde, wie an der Burgegg. Das Vorkommen der Calpionellenkalke beweist zudem noch, daß auch hier im SW das Obertithon erhalten geblieben ist. Der Malmkalk reduziert sich gegen W also nicht aus stratigraphischen Gründen, wie GÜNZLER-SEIFFERT in den Erläuterungen zu Blatt Lauterbrunnen annimmt (Lit. 16), sondern aus bruchtektonischen Gründen.

Die Breccie an der Basis der Kreide.

An der Untergrenze der Kreide, d. h. an der Basis der Mergelschiefer des Unteren Valanginien, findet sich im ganzen Untersuchungsgebiet eine Transgressionsbreccie. Sie wurde an einigen Stellen bereits von GOLDSCHMID (Lit. 14) im Gebiete des Bellenhöchst und der Bellenalp gefunden. STAUFFER (Lit. 38) erwähnt diese Breccie nicht. Ich habe die Breceie an folgenden Lokalitäten gesammelt:

1. Grimselegg, 2. Ars, 3. Profil unterhalb Telli, 5. Burglialp, 6. Drettenhorn, 10. Bellenalp, 11. Untere Wäng am Bellenhöchst, 14. Hartisberg, 15. Kilchfluh, 16. Hohganthorn, 17. Telli. (Vgl. Uebersicht der Lokalitäten, Tafel I.)

1. Grimselegg (Vergl. Profil 1).

Handstück: Die Breccie wittert graubraun an. Die Komponenten haben auf der Anwitterungsfläche eine bläulich-graue Farbe. Sie sind bedeutend heller als die Grundmasse, welche eher ins Braune geht. Im Bruch ist das Gestein bedeutend dunkler, wobei nun umgekehrt die dunkel graublauen Komponenten dunkler wirken als der braungraue Zement. Der Zement ist etwas spätig. Die Komponenten sind eng mit dem Zement verwachsen, so daß ihre Abgrenzung nur unscharf ist. Sie sind eckig oder gerundet und die Korngröße übersteigt einen cm nicht.

Mikr.: Zement und Komponenten sind kaum zu trennen. Ganz undeutliche Farbunterschiede. Die Komponenten heben sich einzig durch ihren Reichtum an Mikroorganismen vom Zement ab. Die Str. der Komponenten ist vorwiegend krümelig oder onkoidisch.

Im Zement finden sich einige Echinodermentrümmer, Schwammnadeln, Org. D. und Schalentrümmer. Selten Calpionellen. In den Komponenten finden sich Schwammnadeln, Org. D. und Schalentrümmer, keine Calpionellen. Coscinoconus alpinus deutet auf die Herkunft der Komponenten aus dem Obertithon. Auffällig ist das häufige Auftreten des Org. D.

2. Bezüglich die am Ars gefundene Breccie verweise ich auf die Beschreibung im betreffenden Profil, p. 16.

3. Profil E unterhalb Telli: Die hier gefundene Breccie findet sich im Profil 3, p. 22 beschrieben.

5. Burgli Alp.

Die Burgeggfalte, näher beschrieben bei Profil 5 trägt auf der Burglialp und Lauchernalp einen Mantel von Mergelschiefern der unteren Kreide. Hart an der Grenze zum Malm, die öfters wegen Brüchen und Schuttbedeckung undeutlich ist, findet man auf den Eggalpen, E P 1801 aT. über der Burglialp, P. 2022 aT. bis hinüber auf die Lauchernalp P. 1970 aT. eine grobe Breccie, größtenteils in losen Stücken, aber auch anstehend. Das Vorhandensein der Breccie zeigt die normalen Kontakte Malm-Kreide an, während ihr Fehlen auf anormale, gebrochene Kontakte hinweist.

Handstück: Weißgrau anwitternde Gerölle, welche im Bruch dunkelgrau-bläulich sind, liegen in braungrauem Mergel gebettet. Man erkennt bereits makroskopisch, daß die Gerölle dem Malm entstammen. Der Mergelzement hat dagegen mehr Aehnlichkeit mit den Mergelschiefern der Unterkreide. Die Gerölle erreichen Durchmesser bis zu 5 cm.

Die Komponenten brechen glatt, sind spröde, während die weichere Grundmasse rauh und körnig bricht.

Mikr.: Deutliche Brecciennatur. Grundmasse und Komponenten unterscheiden sich in der Farbe. Die größeren und kleineren Komponenten sind parallel gelagert.

Grundmasse: Str. schlierig, körnig, uneinheitliche Tönung. Calpionellen wenig. Pyrit mit Quarzschweif.

Komponenten: Nur Calpionellenkalke, dicht, krümelig und onkoidisch. Es sind die Reste verschiedener Bänke des Calpionellenkalkes vertreten. Die Gerölle sind stets gerundet. Viele Calpionellen, seltener Schwammnadeln und Radiolarien. Org. D. Limonit, Pyrit.

6. Drettenhorn.

Der trotzige Malmkalkklotz NE des Kilchfluhpasses, das Drettenhorn, P. 2797 nT. ist ein Klippe, aufgebaut aus verkehrt gelagertem Malmkalk, der wurzellos auf den Mergelschiefern der Unterkreide

liegt. Die Breccie wird hart an der Untergenze der Malmwand, über den Kreidemergelschiefern gefunden.

Handstück: Mit dem Hammer angeschlagen zeigt die Breccie ganz die Eigenschaften des parallelepipedisch spaltenden Kalkes des Obertithon. Die Bruchfläche ist dagegen nicht glatt, sondern uneben und körnig. Auf der Anwitterungsfläche erkennt man deutlich eine hellgraue Grundmasse, die sich sandig-rauh anfühlt, und dunkel anwitternde, etwas herausstehende Komponenten.

Mikr.: Komponenten sind hell, der Zement schlierig und dunkelbraun, feinkörnig. Die größten Komponenten messen 1—2 cm, die kleinsten sind im Mikroskop kaum noch zu erkennen. Von solchen mikroskopisch kleinen Teilchen ist die Grundmasse derart erfüllt, daß, die größeren Komponenten inbegriffen, der Anteil des Breccienmaterials am Gesteinsaufbau über 80 % beträgt. Die wirkliche Grundmasse existiert daher nur in allerfeinsten Fäden, die sich gleich Schlieren durch das Gestein ziehen. Daraus wird erklärlich, weshalb das Gesteinsäußere der Breccie dem Habitus nach einem Obertithonkalk so nahe kommt.

Die Komponenten der Breccie sind verschiedenartig. Es lassen sich folgende 3 Arten unterscheiden:

1. Typische Calpionellenkalke,
2. Kalke mit Radiolarien, Schwammnadeln und Schalentrümmern,
3. Dichte, sterile Kalke.

An Mineralien finden sich Calcit, Pyrit und in der Grundmasse recht häufig Quarzsand.

10. Bellenalp.

Handstück und Dünnschliff weisen dieselben Eigenschaften und Merkmale auf wie die Breccie von der Grimselegg. (Vgl. p. 33.)

11. Untere Weng am Bellenhöchst.

Am E-Hang des Bellenhöchst, entlang der hier zu einem schmalen Band gedrückten Kreidemergel, findet man eine Kalkbreccie.

Handstück: Auf der braunen Anwitterungsfläche wittern eckig und kantig die Komponenten heraus. Sie sind meist hellgrau-braun, während die mergelige, schiefrige Grundmasse braun-schwarz ist. Die Breccie bricht uneben, rauh bis schiefrig. Leicht erkennt man auf der Bruchfläche die Komponenten, welche 1—2 cm Durchmesser nicht übersteigen.

Mikr.: Die Komponenten sind dicht bis krümelig und heben sich sehr deutlich von dem braunen, körnig-sandigen Zement ab. Die Breccie ist homogen, d. h. alle Komponenten stammen aus dem Calpionellenkalk, während eine Breccie am Gipfel des Bellenhöchst bereits polygenes Material aufweist. Wenige Schwammnadeln und Radiolarien, Org. D. Foraminiferen (?) Quarzsand ist der typische Begleiter der schlierig-mergeligen Grundmasse. In den Komponenten Pyrit.

14. Hartisberg (W von Hohkien).

Der Hartisberg ist der E Gipfel des vom Zahm Andrist herabsteigenden Grates. (Vgl. Blatt Blüemlisalp). Kalke und Mergelschiefer der untersten Kreide bauen ihn auf. An seinem SE-Fuß taucht der Malm, eine Antiklinale bildend (vgl. Fig. 10) mit normalem Kontakt unter die Mergelschiefer. Hier findet sich, dem Fuße des Hanges nach W folgend, teilweise unter Gehängeschutt verborgen, die Breccie. Man findet sie auch entlang dem Grate, der vom Wild Andrist herabsteigt.

Handstück: Brauner etwas mergeliger Kalk mit hellen, bläulichgrauen Kalkkomponenten. Die Breccie hebt sich in ihrem Habitus deutlich von dem sie unterlagernden Malmkalk ab, wogegen sie sich von den hangenden Mergelschiefern kaum unterscheidet.

Mikr.: Brecciennatur sofort erkennbar. Hellgraue, neblige Komponenten in braunschwarzer, schlieriger Grundmasse. Schwarze Schlieren durchziehen in komplizierten Bahnen das Gestein und umhüllen z. T. die Komponenten. Auch durchsichtige Calcitäderchen hüllen die Komponenten ein.

Die Grundmasse ist feinkörnig. Die Komponenten sind dicht bis krümelig. Sterile Kalke, Radiolarien- und Calpionellenkalke. Die letzteren spielen eine untergeordnete Rolle. Calcit, Pyrit und etwas Quarz.

15. Kilchfluh.

Das oberste Malmband an der Kilchfluh, Band 6 (vgl. Fig. 6), liegt verkehrt und anscheinend wurzellos. An der Basis der Wand, welche von Malmschichten aufgebaut wird, deren Köpfe nach NW schauen, findet man mit Leichtigkeit eine grobe Breccie. Sie liegt gerade an der Grenze gegen die von GERBER (Lit. 13) seinerzeit fälschlich als Argovien gedeuteten, dunklen Mergel. Die Breccie, welche eine scharfe, wenn auch nicht ungestörte Grenze gegen die dunklen Mergel bildet, gehört dem Habitus nach zu der sie (tektonisch) überlagernden Malmwand. Schöne Stücke findet man insbesondere am Weg gegen das Schilthorn, oberhalb des Steilanstieges gegen den Roten Herd (Schutthalde).

Handstück: Graue Anwitterungsfläche, Breccienstruktur sofort erkennbar, da die Grundmasse herauswittert und eine sandig-rauhe Oberfläche erhält, während die Komponenten hervorstehen und ein knorriges Aussehen tragen.

Im Bruch ist die mergelige Grundmasse graubraun und uneben spaltend. Sie weist teilweise rostige Aederchen auf. Kalkgehalt geringer als in den Komponenten. Größe der Komponenten bis zu 4 cm.

Daneben kommen auch feinste Teilchen vor. Eckige oder wenig gerundete Komponenten herrschen vor. Keine bestimmte Lagerung der Komponenten erkennbar. Der Zement ist schiefrig.

Mikr.: Grundmasse und Komponenten lassen sich nur schwer unterscheiden. Die Grundmasse ist, weil mergelig, etwas dunkler, die Komponenten heller. Die Abgrenzungen sind dort deutlich, wo braunschwarze Schlieren die Komponenten umhüllen. Die verschwommenen Ränder dürften auf eine Auflösung des Gesteines nach der Sedimentation zurückzuführen sein.

Zement: Körnig bis fleckig, Schlieren. Schwammnadeln, vereinzelt Radiolarien, Calpionellen, Org. D. (bipartites), Pyrit und Quarz.

Komponenten: Gerölle stammen aus verschiedenen Niveaus, da sie sich sowohl in der Str. wie im Fossilgehalt unterscheiden.

a) Calpionellenkalk, hell, dicht. Calpionellen, wenig Radiolarien, Org. D. und unbestimmbare Organismen.

b) Malmkalk aus tieferen Lagen, dicht bis krümelig, Radiolarien, Schwammnadeln, Org. D.

16. Hohganthorn.

Das Hohganthorn, 2776 m nT., ist wie das Drettenhorn eine wurzellose Klippe und entspricht diesem in der Lagerung des Gesteins. Unten finden sich Mergelschiefer der Kreide, dann folgt als Grenzbank die Breccie und darüber in verkehrter Lagerung der Malmkalk, welcher hier jedoch bedeutend reduzierter ist, als am Drettenhorn.

Handstück: Rauh anwitternde Oberfläche. Die Breccienkomponenten, oft nur wenig gerundet, stehen 3–4 mm von der Gesteinsoberfläche ab. Sie wittern grau, etwas dunkler als der Zement an. Der Bruch ist uneben.

Mikr.: Brecciennatur nicht sogleich erkennbar. Feine, dunkelbraune Schlieren grenzen hellere Kalkpartien ab, so daß das Gestein das Aussehen eines schlierigen Kalkes besitzt. Der eigentliche Zement, eine braune, körnig-sandige Masse ist wie am Drettenhorn durch viele mikroskopisch kleine Komponenten in feine Schlieren aufgespaltet. In den Zementschlieren finden sich oft eckige Quarzkörner. Calpionellen im Zement und in den Komponenten. Radiolarien und Schwammnadeln weniger häufig.

Die Komponenten sind polygen, jedoch herrschen die Calpionellenkalke vor. Daneben findet man aber auch Radiolarienkalke und sterile Kalke.

17. Telli.

Die Paßlücke zwischen Hundshorn und Wild Andrist, genannt das Telli, erweist sich nach genauer tektonischer Prüfung als durch den Gebirgsbau bedingt. (Vgl. Tektonik, p. 80.) Der vom Hundshorn herunterfallende Malm gräbt sich mit einer Stirne in das Argovien einer unter den Wild Andrist vorstoßenden Antiklinale. Das vom Telli nach NE abfallende Tellitälchen (in der alten Topographie nicht zu erkennen) wird rechts von der Hundshornstirne und links

von den Argovienmergelschiefern begrenzt, welche in Profil 3 beschrieben sind. Am rechten Talhang steht eine Bank von Kalkbreccie an, die sich über das Schneeseelein bis gegen den Roten Herd hin verfolgen läßt. (Vgl. Skizze Nr. 8.) Die bräunlich anwitternden Mergelschiefer des Tälchens selbst gehören bereits der Unterkreide an. Ueber die tektonische Bedeutung der gefundenen Breccie orientiert der Abschnitt Tektonik.

Handstück: (Vgl. Fig. 23) Hellanwitterndes Gestein mit auffällig dunklen Komponenten. Die Oberfläche des Zementes wie der Komponenten fühlt sich rauh an. Wie die Reaktion mit HCl zeigt, ist der Kalkgehalt des Zementes beträchtlich geringer als derjenige der Komponenten. Im Bruch erscheint das Gestein dunkel bis blautönig und fast homogen. Einzig der unebene Bruch verrät hier die Brecciennatur. Feine rostige Fäden durchziehen das Gestein, wie bei den Pseudobreccien.

Mikr.: Zement und Komponenten sind fest miteinander verkittet. Hie und da schmiegt sich eine Schliere an das Gerölle und verhilft dadurch zu einer scharfen Grenze. Grundmasse und Komponenten lassen sich besonders aber dadurch gut unterscheiden, daß feine Pyritkörnchen, welche im ganzen Zement gleichmäßig verstreut liegen, diesen von den grauen Komponenten abheben.

Die Grundmasse ist arm an Organismen, die Komponenten hingegen enthalten Calpionellen, Radiolarien und Schwammnadeln. Org. D. und unbekannte Organismen. Pyrit, feine Quarzkörner.

Zusammenfassung.

Die Breccie an der Basis der Kreide, welche bisher wenig oder gar nicht bekannt war, läßt sich im Untersuchungsgebiet überall dort finden, wo der Malm tektonisch ungestört an die Mergelschiefer der Unterkreide grenzt. Sie ist Zeuge einer bedeutenden Transgression zu Beginn der Kreidezeit. Die vorangehende Abtragung hat nicht überall gleich tief hinabgegriffen. Wesentlich ist daher die Frage, ob alle Komponenten aus dem gleichen Kalke bestehen, oder ob verschiedene Typen vertreten seien, die aus verschiedenen Niveaus des Malmkalkes stammen. Im vorliegenden Fall handelt es sich hauptsächlich darum, herauszufinden, ob in den Komponenten nur die Calpionellenkalke, oder noch tiefer liegende Schichten daran beteiligt seien. Da aber an der Malm-Kreidegrenze auch die Zementsteinschichten fehlen, welche sonst für den Uebergang charakteristisch sind, dürfte man annehmen, daß auch sie Material für die Breccie geliefert hätten. Um jedoch diese Frage diskutieren zu können, müssen vorerst die Verhältnisse im Faulhorngebiet abgeklärt werden, wo die Zementsteinschichten noch erhalten sind.

Nach der Zusammensetzung der Breccie ergeben sich 3 Typen:

1. Polygene Breccie. Komponenten stammen aus verschiedenen Niveaus des Malm. Man findet nebeneinander Calpionellen- und Radiolarienkalke, wobei bald die einen, bald die anderen überwiegen können. Die Komponenten unterscheiden sich in den Strukturen. Wir treffen nebeneinander dichte, krümelige und onkoidische Kalke. Der Malm ist hier bis unter die Calpionellenkalke abgetragen.

2. Monogene Breccie. Die Komponenten bestehen aus gleichartigem Material, dem Calpionellenkalk, von dem feststeht, daß er nur die obersten Schichten des Malm aufbaut. Die Strukturen der Komponenten variieren zwischen krümelig und onkoidisch.

3. Einen besondern Fall monogener Breccie stellt die Breccie über der Grimselegg dar, welche überhaupt keinen Calpionellenkalk aufweist. Die Abtragung hat hier vielleicht die Calpionellenkalke gar nicht erreicht, denn diese stehen an der Grimselegg selbst an, und hätten Material liefern können.

Neben diesen Hauptunterscheidungen ist noch auf einen Wechsel im Gesteinshabitus zwischen den Breccien der N tektonischen Einheiten und den S hinzuweisen. In den N Einheiten heben sich die Komponenten viel deutlicher von der Grundmasse ab als in den S. Während man bei den N Breccien den Eindruck bekommt, sie gehören zu den Mergelschiefern der Unterkreide, so haben diese im S ganz den Habitus des oberen Malmkalkes. Der Dünnschliff bewahrt davor, zu glauben, es lägen 2 verschiedene Breccien vor. Der Unterschied ist einzig darauf zurückzuführen, daß in den S Breccien die Komponenten die Grundmasse derart erfüllen, daß die Breccie den Habitus der Komponenten übernommen hat.

In den stets wieder zitierten Malmregionen von Engelberg, der Frutt und des Faulhorngebietes sucht man vergeblich nach diesem Breccienhorizont. Sein Aequivalent könnte in den Zementsteinschichten zu suchen sein, die E der Sägistalegg im Faulhorngebiet als Unterstes der Kreide einsetzen. An der Sägistalegg finden wir dann erstmals eine grobe Breccie (vgl. Erl. zu Blatt Grindelwald, Lit. 17) an der Obergrenze des Malm, die der vorliegenden Breccie entsprechen dürfte. Im Sedimentationsraum W der Egg wurde der Malm schätzungsweise bis 30 m abgetragen. Diese Zahl ist als ein Maximum zu betrachten. Sie geht daraus hervor, daß man den fehlenden Calpionellenkalk auf etwa 20—30 m Mächtigkeit veranschlagt. (Vgl. Profile von ROD, Lit. 36.)

Der Calpionellenkalk.

Der Calpionellenkalk darf im helvetischen Malm als leitender Horizont für das Obertithon aufgefaßt werden. Dies geht insbesondere aus der Arbeit von E. ROD (Lit. 36) hervor. Es ist auch den Feststellungen von LORENZ (Lit. 31) und CADISCH (Lit. 6) betreffend das Vorkommen der Calpionellen als leitendes Mikrofossil für das Tithon und das Infravalanginien mehr Glauben zu schenken als den Ansichten von KRAUS (Lit. 26), der die Calpionella, deren Existenz als eigene Gattung er überdies bestreitet, überall gefunden haben will.

Der Calpionellenkalk ist ein hellanwitternder, im Bruch graubrauner Kalk, der meist glatt bis parallelepipedisch spaltet. Im Graustock-Hutstockgebiet bildet er nach E. ROD (Lit. 36) das Oberste des tithonischen Zyklus XII, am Laucherhorn (unveröffentlichte Profilaufnahme ROD und STAENDER, Herbst 1937[1]) steht er an der Egg an, ebenfalls zu oberst im Malm.

VERNIORY (Lit. 40) konstatiert ihn im Obertithon der »Collines du Faucigny«. Analog sind auch die Ergebnisse von M. GERBER (Lit. 12). Bei all diesen Autoren reichen die Calpionellenkalke bis hinauf in die Zementsteinschichten, jedoch nie tiefer als das Tithon.

Im Gebiet zwischen der Lütschine und dem Kienbach fehlt der Calpionellenkalk teilweise gänzlich. Einen Ueberblick über den vorhandenen, anstehenden Calpionellenkalk gibt das Uebersichtskärtchen, Fig. 3. Wir finden ihn anstehend in den Stirnpartien der nördlichsten tektonischen Einheiten, so an der Lokalität 7 b am Eingang zum Saxetental bei Wilderswil, bei 7 a, nahe der Säge von Wilderswil. Weitere Vorkommen im Saxetentobel, Lokalität 8, auf Schlipfwengen 9, an der Grimselegg (Profil) 1. Im W finden wir ihn auf der Burglialp 12, auf der Schöni 13 und, wie ein Dünnschliff der Sammlung ADRIAN (Lit. 1) zeigt, auch am Schersax links des Kientales. Endlich finden wir den Calpionellenkalk als Bank von nicht über 50 cm am Drettenhorn (Profil 6) erhalten, allerdings dort nur lokal.

Dieses Untersuchungsergebnis finden wir auch durch die verschiedenen Varietäten der Breccie an der Basis der Kreide bestätigt. (Vgl. dort.) Der Raum der Lokalitäten mit der monogenen Calpionellenkalkbreccie entspricht im Wesentlichen demjenigen des Vorkommens der anstehenden Calpionellenkalke.

[1] deponiert im geol. Institut der Universität Bern.

Zusammenfassung der stratigraphischen Untersuchungsergebnisse.

Die aufgenommenen und oben beschriebenen Profile des Malm ergeben einen genügenden Ueberblick über die stratigraphischen Verhältnisse des Malm im Untersuchungsgebiet. In der vorliegenden Betrachtung werden die Beziehungen zwischen Stratigraphie und Tektonik noch nicht berührt. Es sollen einzig die verschiedenen Profile miteinander verglichen und das Wesentliche daraus gesamthaft festgehalten werden.

Das Liegende des Malmes, der D o g g e r, hebt sich schon im Gelände scharf vom Malm ab. Es ist einerseits die braune Tönung der meist etwas eisenhaltigen Gesteine, anderseits sind es die morphologisch sanfteren Formen, welche den Dogger vom wandbildenden Malm deutlich abheben. Wie klar jedoch die Trennung im Großen genommen ist, so wechselvoll und problematisch ist die Abgrenzung der Stufen im Detail.

Es ist insbesondere der Raum zwischen dem gelblich anwitternden, felsigen Spatkalk des Bajocien und der Kalk-Mergel-Wechsellagerung des Argovien, dessen Zugehörigkeit umstritten ist. Er wird erfüllt von einer monotonen Mergelmasse, in welcher nach sicheren Fossilfunden Argovienmergel, Oxfordmergel und teilweise auch Callovientone enthalten sind.

Schon lange sind die Linsen von Eisenoolith, die zwischen Kilchfluh und Schilthorn in diesen Mergeln liegen, bekannt. STAUFFER (Lit. 38) konnte diese gemäß seinen Fossilfunden ins Callovien stellen. Die Lagerung dieser Linsen und die Art ihres Vorkommens lassen darauf schließen, daß es sich nur um Rudimente einer einst bedeutenderen Stufe handelt. Im Untersuchungsgebiet findet man die Eisenoolithe noch über der Tscheggern (Spiggengrund), als eine Bank von ½ m Mächtigkeit, dann nur ganz unbedeutende Vorkommen von bloß einigen cm Mächtigkeit an der Burgegg und einen groboolithischen Kalk an der Sumpffluh (GOLDSCHMID Lit. 14). Das Beispiel der Burgegg ist für die Ergründung der Geschehnisse der Callovo-Oxford-Zeit sehr instruktiv. Dort transgredieren graue Mergel mit aufgearbeiteten Eisenoolithen auf die Echinodermenbreccie des Bajocien (vgl. Profil Burgegg). Man darf danach füglich eine Abtragung der Eisenoolithe annehmen, welche sich im Sedimentationsraume zwischen dem Kilchfluheisenoolith und demjenigen der Tscheggern im Spiggengrund vollzogen hat.

Ueber das Oxfordien kann nichts Neues ausgesagt werden. Es sei

auf die Beschreibung und die Fossillisten von STAUFFER (Lit. 38) hingewiesen.

Die Grenze Oxfordien-Argovien, die im Engelbergergebiet (ARBENZ Lit. 2) und am Laucherhorn (Aufnahme STAENDER[1]) durch eine auffallende Bank von grünen Kalken mit Phosphoritknollen gebildet wird, ist im Gebiet westlich der Lütschinen verwischt. Die sichere Annahme, die Grenzschicht, welche sich in unveränderter Form von Engelberg bis ins Faulhorngebiet erhalten hat, auch weiter im Westen zu finden, hat sich daher zerschlagen.

Da die Untergrenze des Argovien, das auch durch viele Fossilfunde belegt ist (MÖSCH, STAUFFER, GOLDSCHMID), unbestimmt ist, kann nirgends die genaue Mächtigkeit dieser Stufe angegeben werden. Sie beträgt schätzungsweise im Maximum 40 m, reduziert sich aber, sicher tektonisch bedingt, an einigen Stellen bis auf 6 m. Auch hier ist die Mächtigkeit in südlicheren Regionen allgemein bedeutender als in den nördlichen. Die ausgedehntesten Vorkommen befinden sich zwischen Hundshorn und Kilchfluh, wo das Verwitterungsmaterial des Schiltkalkes und der Kalk-Mergelwechsellagerung weite Gebiete bedeckt. Dieser Verwitterungsform ist es zuzuschreiben, daß kein durchgehendes Argovienprofil aufgenommen werden konnte. Die oben beschriebenen Malmprofile beginnen deshalb alle erst mit dem Argovien. Die scheinbar guten Aufschlüsse in der Silerenantiklinale zeigen sich als derart von Clivage durchsetzt, daß auch hier ein Detailprofil unbefriedigend gewesen wäre.

Im Gebiete des Graustockes gehen die wechsellagernden Kalke und Mergel in den »oberen Schiltkalk« OBERHOLZERS (Lit. 35) oder die »Ueberschiltschichten« ARNOLD HEIMS oder den »Knotenkalk« von ARBENZ (Lit. 2) über. ROD (Lit. 36) stellt den »Knotenkalk« wegen seinen großen faziellen Analogien mit den entsprechenden Schichtgruppen der Préalpes externes (Lit. 24) ins Sequanien. Er beschreibt den Knotenkalk als »eine Wechsellagerung von dunklen Kalken mit dünnen knolligen Mergeln«.

Im Gebiete westlich der Lütschinen sucht man vergeblich nach der rosaroten Kalkbank, welche im helvetischen Malm des Engelberggebietes für die Abgrenzung von Argovien und Knotenkalk leitend ist, jedoch die Wechsellagerung von dunklen Kalkbänken mit dünnen, knolligen Mergelzwischenlagen ist unbestreitbar im ganzen Gebiet vorhanden und zwar in der bemerkenswert regelmäßigen Mächtigkeit von 15 m. Das Profil am Graustocksüdgrat von ROD (Lit. 36,

[1] im geol. Institut der Universität Bern deponiert.

p. 10) gibt auch eine Mächtigkeit von 15 m an. Im Untersuchungsgebiet ist die Wechsellagerung des Sequan leicht dadurch vom Argovien zu trennen, daß die für das Letztere typische braune Anwitterungsfarbe fehlt und daß die Mergelzwischenlagen geringer werden.

Die gleiche Stufe konnte in gleicher Ausbildung auch am Laucherhorn festgestellt werden (Profil am Laucherhorn von E. ROD und G. STAENDER[1]). Dort wäre es möglich, das durch Fossilien noch ungenügend, in meinem Gebiete überhaupt nicht belegte Niveau, genau zu bestimmen. MÖSCH (Lit. 34) und SEEBER (Lit. 37) erwähnen vom Laucherhorn Sequanfossilien, beide jedoch ohne diese zu einem stratigraphischen Detailprofil in Beziehung zu bringen.

ARN. HEIM nannte seine Ueberschiltschichten die »Basis des Quintnerkalkes«, und dies mit Recht. Ohne daß das Gesteinsäußere wesentlich ändern würde, verschwindet die Wechsellagerung plötzlich und es setzt massiger Kalk ein, der in Bänken von 50 cm bis 1 m einen Komplex von rund 50 m aufbaut. Wie die Mächtigkeit des Sequans im ganzen Gebiet gleich bleibt, so bleibt es auch diejenige dieses Quintnerkalkes. Die 50 m treten wie eine Konstante in allen gemessenen Profilen auf. Die untersten Bänke sind reichlich von Kieselknauerlagen durchzogen, ein Charakteristikum für den untersten Quintnerkalk fast des ganzen helvetischen Malmes (vergl. ROD, FURRER u. a. m.). Ueber diesen Bänken mit Kieselknauern liegen 30—40 m knollige Kalke von nicht einheitlicher Ausbildung. Im einen Fall handelt es sich um rotgefleckte Kalke, im andern Falle um einen Knollenkalk, mit fast konglomeratisch herauswitternden Knollen oder linsigen Komponenten. Der rotfleckige oder knollige Kalk entspricht den »fausses brèches« (CAYEUX). Sie treten vor allem im Gebiete des Profils 3 auf, während die Varietät des Knollenkalkes am Ars (Profil 2) und an der Grimselegg (Profil 1) vorwiegt. Wenn auch ROD (Lit. 36, p. 51, 52 und 53) die beiden Typen lithologisch auseinander hält, so zeigen doch die Dünnschliffe in aller Deutlichkeit, daß es sich um die gleiche Erscheinung handelt. Da dieser Knollenkalk ebenfalls am Laucherhorn gefunden werden konnte und E. ROD ihn aus dem Graustockgebiet beschreibt, darf man annehmen, daß die »fausses brèches« im gesamten helvetischen Malm zwischen Engelberg und Kiental in der regelmäßigen Mächtigkeit von 30—40 m vorkommen. Vergleiche mit Handstücken aus der Sammlung ROD zeigen eine vollkommene Uebereinstimmung, sowohl makroskopisch als auch mikroskopisch.

An der Oberkante dieses unteren Quintnerkalkes folgt, scharf ab-

[1] im geol. Institut der Universität Bern deponiert.

gegrenzt, ein erstes Band dünngebankter, etwas mergeliger Kalke. Dieses plötzliche Abbrechen des über 50 m gleichbleibenden Kalksedimentes und das unvermittelte Einsetzen dünngebankter Kalke ist ebenso bemerkenswert wie die Konstanz des Gesteinshabitus des unteren Quintnerkalkes. Alle Profile des Untersuchungsgebietes stimmen hier überein, stammen sie nun aus südlichem oder nördlichem Faziesraum. An der Basis der dünngebankten Kalke finden sich im Untersuchungsgebiet verschiedentlich Ammonitensteinkerne (Hartisberg, Gummenalp, Profil 4). ROD (Lit. 36) erwähnt in gleicher Lage einen Fossilhorizont wie auch das Einsetzen dünngebankter Kalke. Auch hier überbrückt das Laucherhorn dadurch das Graustock-Hutstockgebiet mit meinem Untersuchungsgebiet, indem es die beidseitigen Verhältnisse bestätigt.

Den Malm, der über dem durchgehenden, auffälligen Band dünngebankter Kalke liegt, faßt man am besten zusammen unter dem Begriff »Oberer Quintnerkalk«. Man muß sich dabei aber bewußt bleiben, daß darunter nicht eine Stufe im stratigraphischen Sinne zu verstehen sei, daß vielmehr an diesem oberen Quintnerkalk das obere Kimeridgien, das Unter- und Obertithon partizipieren. Es gelang E. ROD (Lit. 36) den oberen Quintnerkalk zu gliedern und die einzelnen Stufen nach Fossilfunden abzugrenzen. Mangels dieser Leithorizonte muß ich auf eine genaue Abgrenzung der Stufen verzichten.

Der obere Malm ist, wie schon erwähnt, viel feiner gegliedert. Die Parallelisation auf Grund lithologischer Analogien wird dadurch erschwert. Allgemeines Charakteristikum des oberen Malm ist das allmähliche Ueberhandnehmen der dünngebankten Kalke, insbesondere in der südlichen Fazies. Während diese in der nördlichen Fazies 3—5 Bänder bilden, verschmelzen sie nach Süden allmählich zu einer nur von geringen massigen Bänken unterbrochenen Folge dünngebankter Kalke. (Vergl. Profile 1, 2 und 3.)

Ueber dem tiefstgelegenen Band dünngebankter Kalke folgt fast durchgehend eine hervorstehende Bank massigen bis knolligen Kalkes, der besonders im Profil 3 und am Hartisberg Ammonitensteinkerne führt. Darüber stellen sich in allen Profilen, jedoch in ungleicher Mächtigkeit wiederum dünngebankte Kalke ein, die teilweise lebhaft mit massigen Kalken wechsellagern. Gegen oben gehen sie allmählich in massige Kalke über, die von einer Bank pseudobrecciösen Kalkes überlagert werden. Diese Pseudobreccien sind ein allgemeines Merkmal des oberen Quintnerkalkes. Wir finden sie in jedem untersuchten Profil erhalten, sei es als typische Pseudo-

breccie oder als knolliger oder schlieriger Kalk. Trotz ihrer großen morphologischen Uebereinstimmung können die Pseudobreccien oder ihre Aequivalente nur selten mit Erfolg parallelisiert werden. Es ist unbestritten, daß sie immer an der Basis der dünngebankten Kalke liegen, mit denen sie daher genetisch in Zusammenhang gebracht werden müssen. Man kann sie dort über eine gewisse Strecke verfolgen. Sie setzen dann aus, um später wieder ihren Platz einzunehmen.

An der Grimselegg liegt hart über der oberen Pseudobreccie eine Art Mikrobreccie (Profil Nr. 19), beschrieben unter Lithologie p. 54. Sie ließ sich sonst in keinem Profil feststellen, darf vielleicht, aber mit Vorsicht, der Mikrobreccie von ROD (Lit. 36) an der Basis seines obertithonischen Zyklus 12 gleichgestellt werden. An die Pseudobreccie, resp. die Mikrobreccie schließt sich ein sehr mergeliges Band dünngebankter Kalke, das ebenfalls am Ars, dann das ganze Saustal hinauf, im Durchschnitt 4—6 m unter der Obergrenze des Malmes beobachtet werden kann, eine Erscheinung, die auch STAUFFER (Lit. 38) nicht entgangen ist. Man erkennt das Band auch oben auf der Burgegg. Mit massiger werdender Bankung setzen nun die rotgeflammten und fleckigen Kalke ein, welche für das Obertithon charakteristisch sind. Sie gehen ohne deutliche Grenze über in die hellanwitternden, im Bruch braungrauen Calpionellenkalke, welche glatt und parallelepipedisch spalten. Ueber die Verbreitung der Calpionellenkalke im Untersuchungsgebiet orientiert Fig. 2. Das Fehlen des anstehenden Calpionellenkalkes in den südlichen tektonischen Einheiten hindert nicht, daß die Frage der Obergrenze des Malmes für das ganze Gebiet gemeinsam beantwortet werden kann.

Die Obergrenze des Malm ist eine Transgressionsfläche, auf welcher eine 2—3 m mächtige Schicht aufgearbeiteten Malmmaterials liegt, worauf unmittelbar Mergelschiefer der unteren Kreide folgen. Die Transgressionsbreccie findet im Abschnitt »*Die Breccie an der Basis der Kreide*« eine besondere Würdigung.

Im Zusammenhang mit der Obergrenze muß auch auf die zwei Funde eines merkwürdigen kalkigen Oolithes auf Schlipfwengen und auf der Burgegg hingewiesen werden.

Das Alter der hangenden Kreidemergelschiefer ist mangels Fossilfunden nicht genau bestimmt. Es dürfte sich um Valanginien handeln. Die Wechsellagerung der Zementsteinschichten fehlt W der Egg im Faulhorngebiet, gerade in dem Raume, in welchem die Transgressionsbreccie an der Basis der Kreide zu finden ist. Man geht des-

halb nicht fehl, die Breccie aftersmäßig mit den Zementsteinschichten in Zusammenhang zu bringen.

Die Organismen des Malm.

A. Makrofossilien.

Der helvetische Malm galt früher allgemein als fossilarm. Die reicheren Funde am Laucherhorn (MÖSCH, Lit. 34 und SEEBER, Lit. 37) galten als eine Ausnahme. Einige wenige Fossilien waren am Gonzen und im Engelbergergebiet gefunden worden. Erst die eingehende Untersuchung des Malm durch E. ROD (Lit. 36) im Graustock-Hutstockgebiet brachte neues und beträchtliches Material zutage. Nach diesen bedeutsamen und recht weit verbreiteten Funden war anzunehmen, daß gewisse Fossilhorizonte wohl durchgehend vorhanden seien.

Der Erhaltungszustand der von ROD gesammelten Fossilien hat den Vorzug eines Ueberzuges von eisenschüssigem Calcit, welcher das Herauspräparieren der Ammoniten wesentlich erleichtert. Das fossilführende Gestein ist zudem noch etwas bröckelig (Breccien und Pseudobreccien), was dem Sammler ebenfalls von großem Nutzen ist.

Anhand stratigraphischer Untersuchungen konnte ich einwandfrei feststellen, daß die Makrofossilien tatsächlich auch im Malm zwischen Lütschine und dem Kienbach vorkommen, in einem Gebiet, das von MÖSCH folgendermaßen beschrieben wurde: »Malm und Dogger leiden an einer auffallenden Petrefaktenarmut« (Lit. 34) und »aus dem Gebiet des oberen Saustales ist auch nicht ein bestimmbares Petrefakt bekannt geworden«. In gleichem Sinne äußern sich auch STAUFFER (Lit. 38) und GOLDSCHMID (Lit. 14).

Ich habe das Vorhandensein von Fossilhorizonten an folgenden Stellen festgestellt:

Profil 1 an der Grimselegg.
Profil 4 auf der Gummenalp.
Profil 3 E vom Telli.
Malmband 1 auf Hohkien.
Malmband 3 am Hartisberg.

Der Erhaltungszustand der gefundenen Fossilien ist durchwegs schlecht, weit schlechter als am Laucherhorn oder in Obwalden. Wohl weisen sie auch einen feinen Ueberzug von eisencarbonatischem Kalk auf, der zur Herauslösung der Stücke sonst von Vorteil

ist. Eine allzustarke Tektonisierung des Gesteins hat den Erhaltungszustand jedoch so verschlechtert, daß der Gewinn bestimmbarer Fossilien fast unmöglich ist. Ebenso ist die Kondensation in den Fossilhorizonten, welche gerade im Graustock-Hutstockgebiet so auffällig ist, viel geringer. Mit abnehmender Kondensation nimmt auch die Möglichkeit, bestimmbare Exemplare zu erhalten, ab.

Eine kleine, noch unbestimmte Fauna lieferte Profil 3, E unterhalb des Telli.

Zusammenfassung.

Meine Untersuchungen haben ergeben, daß die Makrofossilien im Malm in gewissen Horizonten durchgehend vorhanden sind. Es dürfte sich dabei um Kondensationslager im Sinne ARN. HEIMS handeln (Lit. 23). Erhaltungszustand und Dichte der Lagerung bedingen den Ertrag bestimmbarer Exemplare. Bei genügendem Zeitaufwand dürften in den erwähnten Lagern schon bestimmbare Fossilien gefunden werden.

B. Mikroorganismen.

Die Mikroorganismen sind für die stratigraphischen Untersuchungen des Malm von nicht geringer Bedeutung. Da jedoch nur wenige stratigraphisch leitend sind, ersetzen sie nie die Makrofossilien. Von größerer Bedeutung als die Art der Mikroorganismen ist daher oft im Zusammenhang mit dem lithologischen Fazieswechsel ihre Häufigkeit. FICHTER (Lit. 8) hat in seinen Untersuchungen am Gonzen zuerst darauf hingewiesen, ebenso E. ROD (Lit. 36) in seinen tabellarischen Zusammenfassungen zu den stratigraphischen Profilen.

Im helvetischen Malm finden wir folgende Organismen: Radiolarien, Schwammnadeln, Calpionellen, Echinodermen, Coscinoconus, Organismus D. (AUG. LOMBARD).

Von untergeordneter Bedeutung sind die Millioliden, Textularien, Cristellarien, unbestimmbare Foraminiferenformen und andere unbestimmbare Organismen.

Clypeina und Pseudocyclammina wurden nicht gefunden, sollen jedoch, wie aus den Arbeiten von ROD (Lit. 36) und MANYC (Lit. 32) hervorgeht, im obersten Malm vorkommen.

a) Radiolarien.

Diese weisen die größte Verbreitung aller Mikroorganismen im Malm auf. Wir finden sie in bedeutender Häufigkeit im unteren

Quintnerkalk. Sie treten auch in einigen massigen Kalkbänken oberhalb der dünngeschichteten Kalke auf. Erst mit dem Auftreten der Calpionellen im Obertithon treten sie etwas zurück. Der Erhaltungszustand der Radiolarien ist verschieden. Ausnahmslos ist das ursprüngliche Kieselskelett aufgelöst und durch Calcit ersetzt, wodurch die ihnen eigene Form oft verlorengegangen ist. Der gelöste Kieselsäuregehalt hat sich dann in den Kieselknauern der Kieselknauerhorizonte angereichert. (Vgl. Profile.)

Die Radiolarien treten in den Dünnschliffen als durchsichtige, kugelige Calcitaggregate auf oder sind von schwach pigmentiertem Calcitsediment erfüllt. Im letzteren Fall wird die hellgraue Füllmasse von peripher angeordneten Calcitpünktchen umgrenzt. Radiolarien sind im helvetischen Malm z. T. sehr häufig, bilden eigentliche Radiolarienkalke, können aber nicht als Leitfossil für einen bestimmten Horizont innerhalb des Malm gelten. Im unteren Quintnerkalk sind sie oft fast so häufig wie in einem Radiolarit.

b) Schwammnadeln.

Sie treten meist in Begleitung der Radiolarien auf, dominieren jedoch besonders in den oberen »fausses brèches« des unteren Quintnerkalkes. Sie bilden hier als ganz verkalkte Individuen eine dichte, nadelfilzige Sturktur. (Vgl. Fig. 11.) Gleiche Strukturen sind auch aus dem Hutstockgebiet und der Frutt bekannt.

Im mittleren Malm sind sie seltener, fehlen jedoch mit Ausnahme der dünngebankten Kalke in keiner Schicht. Im Obertithon nehmen sie eher wieder überhand, jedoch mit anderer Form, als im unteren Malmkalk. Die Spongientrümmer bilden hier merkwürdige Skelettformen, welche trotz ihrer scharfen Abgrenzungen nicht näher gedeutet werden können. Auch bei der Durchsicht der Werke von L. MORET (Lit. 33) über die Spongien, konnten, wenn auch ähnliche, so doch keine gleichen Formen gefunden werden. Ihre systematische Deutung bleibt noch offen.

c) Calpionellen.

Das Vorhandensein der Calpionellen steht auch hier außer Zweifel. Diskutabel ist jedoch noch immer ihre Systematik. Es war mir möglich, die von CADISCH (Lit. 6) unterschiedenen Formen einer *Calpionella alpina, Calpionella oblonga, Calpionella elliptica* zu unterscheiden. Er nennt schmale, längliche Formen, bei welchen das Verhältnis von Breite: Höhe kleiner als 0,5 wird, *Calpionella*

oblonga, Formen mit elliptischem Querschnitt *Calpionella elliptica*. Die *Calpionella alpina* ist seit LORENZ (Lit. 31) bekannt.

Die Calpionellen treten im ganzen Untersuchungsgebiet nur in den obersten Bänken des Malm auf, sofern diese erhalten geblieben sind, ferner in den Komponenten der Breccie an der Basis der Kreide. Nach E. ROD (Lit. 36) und M. GERBER (Lit. 12) reichen sie bis in die Zementsteinschichten, brechen aber dann ziemlich unvermittelt ab. Meldungen über ein Vorkommen in der Oberkreide ist nicht unbedingt Glauben zu schenken. (CADISCH, Lit. 6, p. 243/244.) Calpionella regiert im Raume Obertithon-Infravalanginien. (Zementsteinschichten.)

Betreffend das Vorkommen im helvetischen Malm zwischen Lütschinen- und Kiental verweise ich auf die besonderen Ausführungen über den Calpionellenkalk p. 40.

d) Echinodermen.

Gut erhaltene Echinodermentrümmer sind im Malm recht selten. Selbst im sog. spätigen Kalk trifft man nur selten die typischen Calcitscheibchen an. Man findet sie vereinzelt in den Pseudobreccien, am häufigsten aber als Konzentrationskerne im oolithischen Kalk der Burgegg und von Schlipfwengen.

e) Coscinoconus.

W. LEUPOLD und H. BIGLER (Lit. 28) haben Coscinoconus als eine neue Foraminiferenform aus Tithon und Unterkreide beschrieben. Die Fundorte dieses horizontal weit und vertikal wenig verbreiteten Organismus liegen ausnahmslos in Breccien und oolithischen Kalken.

Aus einem Sammelprofil RODS (Lit. 36, Tafel VI) geht hervor, daß Coscinoconus an der Basis des obertithonischen Zyklus XII in mikrobrecciösen Kalken vorkommt.

LEUPOLD (Lit. 28) unterscheidet 2 Formen von Coscinoconus:

Coscinoconus alpinus.

Coscinoconus elongatus.

Coscinoconus alpinus konnte an einer einzigen Stelle gefunden werden, an der Burgegg. Leider kann der spätig-mikrobrecciöse Kalk (vgl. p. 29) nirgends anstehend gefunden werden, so daß seine stratigraphische Stellung ungewiß ist. Es steht einzig fest, daß er nahe der Obergrenze des Malm anstehen muß, was aus den Fundstellen

hervorgeht. Er dürfte dem mikrobrecciösen Kalk RODS und der aus »oolithischen umkrusteten Kalkgeröllen« bestehenden Breccie BIGLERS vom Urserli und der Bättenalpburg gleichzustellen sein.

Coscinoconus elongatus LEUPOLD, fand ich vorherrschend im oolithischen Kalk von Schlipfwengen (ob Saxeten), der anstehend nahe der Obergrenze des Malm liegt. Jedoch ist auch die stratigraphische Stellung dieses Oolithes unsicher, da ein kleines Profil durch die Grenze Malm-Kreide fehlt.

Interessant ist, daß auf Schlipfwengen nur *Coscinoconus elongatus*, auf der Burgegg nur *Coscinoconus alpinus* zu finden ist.

f) Organismus D., nach AUG. LOMBARD.

In fast sämtlichen organismenführenden Kalken des Malm, stammen sie nun aus dem oberen oder dem unteren Quintnerkalk, fallen kleine, scheinbar konkretionäre Calcitgebilde von gelblicher Farbe auf, welche unter gekreuzten Nicols ein dunkles Achsenkreuz zeigen. Die Formen dieser kleinen Gebilde sind sehr verschiedenartig. Es herrschen einzellige und zweizellige vor (bipartites), wir finden aber auch 3—4zellige Exemplare. Allen gemein ist das Achsenkreuz. Bemerkenswert ist z. B. bei den zweizelligen, daß sich das Achsenkreuz genau in der Mitte auf der Trennungslinie der beiden Zellen befindet. AUGUSTIN LOMBARD hat diese Calcitgebilde unter dem Titel »Microfossiles d'atribution incertaine du Jurassique supérieur alpin« erstmals als Organismen gedeutet und die verschiedenartigsten Formen solcher Gebilde unter dem Sammelnamen »Organismus D.« zusammengefaßt.

Ich konnte ziemlich alle von LOMBARD in seiner Tafel aufgeführten Formen feststellen, zähle jedoch die sog. »formes découpées« zu den Spongientrümmern, die im Tithon vorherrschen. In einem Dünnschliff des Profils 1 an der Grimselegg (Pseudobreccie) fällt ein großes, rundliches Calcitgebilde auf, welches aus konzentrisch-zonar angeordneten reinen Calcitschalen besteht und wie der Org. D. bei gekreuzten Nicols ein schönes Achsenbild gibt mit Zentrum in der etwas exzentrischen innersten Calcitschale. Ob es sich um eine besonders große Form des Org. D. handelt, kann nicht sicher gesagt werden. (Fig. 16, rechts oben)

Bei halben oder gebrochenen Formen kann das Zentrum des Achsenkreuzes auch außerhalb des Individuums liegen.

Es hat sich bei der Durchsicht der Dünnschliffe gezeigt, daß die Org. D. sich an der Basis der Calpionellenkalke in ganz besonderer

Häufigkeit vorfinden. Wie die anderen Organismen fehlen sie durchgehend auch in den dünngeschichteten Kalken, wodurch ihre Zugehörigkeit zu Organismen neuerdings bewiesen wird. Im Uebrigen verweise ich auf die Veröffentlichung von A. LOMBARD (Lit. 30).

g) Uebrige Organismen.

Bei der Durchsicht der Dünnschliffe ganzer Serien fallen auch Formen auf, die sich immer wiederholen und somit auch organischen Ursprungs sein müssen. Es sind dies schalige Gebilde, von welchen auf den Fig. 16 und 18 einige abgebildet sind.

Begleiter des oberen Malm sind auch Cristellarien und Textularien, die jedoch keinen besonderen Leitwert besitzen und in den Beschreibungen daher lediglich der Vollständigkeit halber angeführt werden.

Man erkennt auch ab und zu unbekannte Foraminiferenformen. Schalentrümmer finden sich recht häufig. Es handelt sich dabei z. T. um Ostracodenschalen.

Zusammenfassung.

Die Mikroorganismen haben einen bedeutenden Anteil am Aufbau des Gesteins. Mit Ausnahme der Calpionellen und der Coscinoconen kommt ihnen kein besonderer Leitwert zu. Aus der Tafel II geht hervor, wie sich ihre Häufigkeit zum lithologischen Gesteinswechsel verhält. In den dünngebankten Kalken fehlen sie vollständig, in den krümeligen und onkoidischen Kalken hingegen sind sie angereichert. Ihre Häufigkeit nimmt daher mit der zunehmenden Auflösung der Gesteinsstruktur zu.

II. Lithologie des Malm.

Klassifikation der Strukturen.

A. Mikrostrukturen.

Wie schon aus der Beschreibung der Dünnschliffserien ersichtlich ist, habe ich die Strukturen der Gesteine nach mikroskopischen Gesichtspunkten gegliedert. Zweck dieser besonderen Betrachtungsweise war, zu untersuchen, ob die Mikrostrukturen in kausalem Zusammenhang mit den Großformen der Gesteine stehen, mit andern Worten, ob sie von den Sedimentationsbedingungen abhängen, die auch die Großformen bedingt haben. Die Mikrostrukturen, wie sie im Folgenden dargestellt werden, hat auch schon E. ROD (Lit. 36) unterschieden, doch hat er ihnen nicht so viel Gewicht beigemessen.

Es lassen sich vier Haupttypen von Mikrostrukturen unterscheiden:

1. Dichter, kryptokristalliner Kalk.

2. Kalk, bei dem sich dunkler pigmentierter Kalk und rekristallisierter, aufgehellter Calcit zu trennen beginnen. Es entsteht so eine meist sekundär, diagenetisch entstandene, krümelige Struktur (»structure grumeleuse«), welche ich auch als »leicht aufgelöst« bezeichnet habe.

3. Onkoidische Struktur, eine vorgeschrittene bis völlige Trennung, von pigmentiertem und rekristallisiertem Calcit.

4. Oolithische Struktur als völlige Trennung von Pigment mit Schalenbildung.

In der Natur überwiegen jedoch nicht diese oben dargestellten Haupttypen, sondern Uebergangsstrukturen und Kombinationen der 4 Haupttypen. Interessant und für die Ausscheidung der Haupttypen maßgebend war die Tatsache, daß sich jede Struktur in diese Typen gliedern ließ.

Beschreibung der Haupttypen.

1. Dichter, kryptokristalliner Kalk. Dieser Kalk zeigt eine vollkommen gleichmäßige Verteilung des Pigmentes. Selbst bei stärkerer, mikroskopischer Vergrößerung ist keine Körnung zu erkennen. Der absolut dichte Kalk ist vorwiegend steril oder führt dann höchst selten vereinzelte Organismentrümmer.

Dichter Kalk ist im Schliff relativ dunkel, ohne wolkige oder fleckige Partien. An Mineralien kann er Quarzkörner, Pyrite oder Calcitspaltausfüllungen besitzen. Bei starker tektonischer Beanspruchung entstehen viele feine Calcitäderchen.

B e i s p i e l e : Dichter Kalk im oben definierten Sinn ist sehr selten. Er konnte durchwegs nur in den »dünngebankten Kalken« gefunden werden und zwar in klassischer Ausbildung nur ganz in der Basisnähe dieser Kalke.

2. L e i c h t a u f g e l ö s t e r K a l k von der »structure grumeleuse« im Sinne von CAYEUX (Lit. 7). Beginnende Trennung von pigmentiertem Kalk und Calcit. Diese Struktur gibt das mannigfaltigste Aussehen. Die Differentiation des Kalkschlammes kann verschiedenartig vor sich gegangen sein. Nachfolgend werden die verschiedenen genetisch bedingten Formen beschrieben:

a) Die Auflösung ist nur bei stärkerer Vergrößerung sichtbar, das Pigment ist noch zusammenhängend. Dazwischen finden sich jedoch calcitische Sammelkristallisationen von mikroskopischem Ausmaß, so daß das Ganze das Aussehen einer freinmaschigen Struktur erhält. Radiolarien können bereits häufig auftreten, auch andere Organismenreste wie Schwammnadeln und der Org. D., LOMBARD. Diese dürften zur beginnenden Entmischung auch beigetragen haben.

b) Fortschreitende Auflösung, resp. Aufteilung und Entmischung. Es bilden sich rundliche, kleine Calcitpigmentgebilde, von variierender Größe und Tönung. Sie schwimmen in einer helleren, oft körnig aussehenden Grundmasse, gegenüber welcher die Abgrenzungen allgemein noch unscharf bleiben.

c) Bei vorgeschrittener Auflösung stellen sich bereits Partien reinen Calcites ein, welche von zunehmend pigmentierten Kalkkörnchen umgeben sind. Die Auflösung kann sich bereits in den kleinsten Körnchen vollziehen oder sie kann größere Komplexe des Gesteins umfassen.

Diese Gruppe der Mikrostrukturen ist die allerhäufigste. Man findet sie vorzüglich in den oberen Partien dünngebankter Kalke, dann aber auch in sog. massigen Kalken. Oft sind die Typen a, b und c im selben Schliff vertreten, so daß sich die Zusammenfassung unter dem gemeinsamen Begriff »k r ü m e l i g« durchaus rechtfertigen läßt. Im Handstück, am Bruch oder an der Anwitterungsfläche lassen sich die skizzierten feinen Unterschiede gar nicht wahrnehmen. Krümelige Kalke brechen allgemein muschelig bis glatt.

In die Gruppe dieser Kalke gehören auch die Calpionellenkalke, die Radiolarienkalke und Spongienkalke.

3. Onkoidischer Kalk. Starke Auflösung bei deutlicher Trennung von pigmentiertem Kalk und Calcitzement. Das Pigment hat sich zu kleineren oder größeren Kugeln konzentriert, welche in mehr oder weniger reinem Calcitzement schwimmen.

a) Onkoidische Struktur mit großen Komponenten. Diese treten nicht als reine onkoidische Gebilde auf, sondern zeigen eine eigene Struktur, die dicht bis krümelig sein kann. Die Komponenten, welche eckig oder gerundet auftreten können, bieten einfach das Bild eines zerrissenen und aufgespaltenen, dichten bis krümeligen Kalkes. Der Entmischung muß daher wohl eine mechanische Einwirkung vorausgegangen sein.

b) Trennung von Kalkpigment und Calcit so, daß die Pigmentkonzentrationen kleine dichte Körner mit dunkler Färbung bilden. In diesem Zustand findet man die krümelige Struktur nicht mehr vertreten, die Entmischung ist ziemlich vollkommen. Solche Kalke haben im Handstück ein körniges bis spätiges Aussehen und werden daher meist als Spatkalk bezeichnet. Mit Echinodermenbreccie haben solche Kalke, wie die Schliffe zeigen, nichts gemein (vgl. Grimselegg Nr. 19, Fig. 15).

c) Gemeinsames Auftreten von dichten Pigmentkonzentrationen und aufgespaltenem Kalk (wie a). Die rein calcitischen Spalten werden von zusätzlichem Eisencarbonat gelblich gefärbt und sind meist auch angefüllt von kleinen dichten Körnern mit Pigmentkonzentrationen. Dieser Typus herrscht in den Pseudobreccien vor, die im ganzen Untersuchungsgebiet festgestellt werden können. Das Aussehen dieser Kalke auf der Anwitterungsfläche ist ein brecciöses, da die calcitische Spaltfüllung leicht auswittert, während der pigmentierte Kalk widerstandsfähiger ist.

4. Oolithische Struktur ist bedeutend seltener. Man erkennt sie bereits deutlich auf der Anwitterungsfläche, welche ziemlich körnig erscheint. Im Bruch ist das Aussehen eher spätig, ähnlich dem spätigen Kalk an der Grimselegg. Die oolithische Struktur unterscheidet sich prinzipiell dadurch von der onkoidischen, daß die Körner eine konzentrische Schalenstruktur besitzen.

a) Die Körner sind Onkoide mit deutlicher Oolithschale. Die Struktur des Korninnern kann krümelig oder dicht sein. Reine Calcitkristalle bilden den Zement.

b) Organismentrümmer bilden die Kondensationskerne der Oolithe, auch Mineralien. Darum herum schmiegen sich eine bis mehrere Oolithschalen. Es treten auch Oolithe ohne deutlichen Kern auf. Diese Erscheinungsform deutet auf eine anfängliche onkoidische

Entmischung mit nachfolgendem oolithischem Vorgang. Um exzentrische Schnitte oolithischer Körner kann es sich nicht handeln, da diese im allgemeinen nicht kleiner sind als andere.

Zusammenfassung.

Die 4 beschriebenen Haupttypen der Mikrostruktur sind meines Erachtens Stadien eines und desselben Vorganges. Der »dichte Kalk« repräsentiert das Ausgangsstadium, die »structure grumeleuse« ein Zwischenstadium, der onkoidische und der oolithische Kalk die Endstadien. CAYEUX (Lit. 7) hat den Bildungsvorgang beschrieben als eine Rekristallisation des Kalkschlammes und er wird damit das Richtige getroffen haben. Auch ROD (Lit. 36) schließt sich CAYEUX an, zieht jedoch die Oolithe nicht in denselben genetischen Kreis. Die Bedingungen, unter welchen der submarine Entmischungs- und Rekristallisationsvorgang stattgefunden hat, ist mit den Sedimentationsbedingungen in Zusammenhang zu bringen. Die Sedimentation wird sich bei bewegtem oder bei ruhendem Wasser abgespielt haben, daher die dichten und die aufgespaltenen Strukturen. Die Entstehung der Oolithe ist derjenigen der Onkoide nahe verwandt. Im Grunde genommen wird es sogar derselbe Prozeß gewesen sein, nur mit dem Unterschied, daß es sich bei der Bildung von Onkoiden um einen kontinuierlichen ungestörten Vorgang, bei den Oolithen um einen periodisch unterbrochenen Vorgang handeln dürfte. Auch diese Unterschiede lassen sich auf die allgemeinen Sedimentationsbedingungen zurückführen.

Es wird sich zeigen, in welchem Verhältnis die Mikrostrukturen zum Verlauf der Sedimentation stehen, bei der Betrachtung der einzelnen Profile. CAYEUX findet, die Rekristallisation sei ein sekundärer Vorgang. Ich erachte sie als einen, wenn auch sekundären, so doch mit der Sedimentation parallel verlaufenden Vorgang. Es wäre nicht unvorstellbar, daß sich die Entmischung bereits während des Absinkens der Schlammteilchen vorbereitet und daß sie unmittelbar nach der Sedimentation begonnen hätte.

B. Habitus und Strukturen der Gesteine.

Im Folgenden werden die äußeren Erscheinungsformen der Gesteine beschrieben und zu ihren mikroskopischen Strukturen in Beziehung gebracht. Als Grundlage für diese Betrachtungen dienen

wiederum die stratigraphischen Profilaufnahmen und Untersuchungen an anderen Lokalitäten.

Es lassen sich folgenden Typen unterscheiden:

1. Dünngebankter bis dünnschichtiger Kalk.
2. Massiger, meist dick gebankter Kalk.
3. Schlieriger Kalk.
4. Knolliger Kalk.
5. Spätiger Kalk.
6. Oolithischer Kalk.
7. Pseudobrecciöser Kalk.
8. Brecciöser Kalk.

Zu den Breccien und knolligen Kalken ist allerdings zu bemerken, daß ihr Habitus nicht immer von bloßem Auge erkannt werden kann, sondern oft erst im An- oder Dünnschliff.

1. Dünngebankte bis dünngeschichtete Kalke.

Auf der Anwitterungsfläche wellig oder karrig, manchmal rauh anwitternd. Farbe braun bis grau, im Bruch ein dunkles Braungrau. Bruch muschelig. Die Sprödigkeit nimmt mit wachsendem Mergelgehalt ab. Im Schichtverband sind die Kalke oft linsig, von Tonhäuten durchzogen. Sie bilden dünngebankte Bänder, die oft fälschlich als Mergelbänder bezeichnet werden.

Mikr.: Dicht oder kryptokristallin, auch bei stärkerer Vergrößerung ist keine Körnung zu erkennen. Das Kalkpigment ist ganz gleichmäßig verteilt, weshalb die Färbung auch gleichmäßig graubraun ist. Die Tönung hängt vom Tongehalt ab. Bituminöse Kalke wurden nicht festgestellt. Organismen fehlen in der Regel ganz, ab und zu findet man in den obersten Bänken dünngeschichteter Kalkbänder vereinzelt Radiolarien und Schwammnadeln, Org. D. Reiner Calcit in Körnern ist selten. Feine Quarzkörner, Limonit, Pyrit. In einem Fall waren Lagen von Quarzsand zu konstatieren. (Vgl. Profil 2 Nr. 15.)

Dünngebankte Kalke sind, wie sich aus vielen Dünnschliffen belegen läßt, an ihrer Basis dicht und steril. Mit zunehmender Entfernung von derselben wird der Auflösungsgrad der Struktur immer stärker, der Gehalt an Organismen größer. Auch E. ROD (Lit. 36) hat diese Verhältnisse in den dünngebankten Kalken festgestellt. Die Zunahme der Mikroorganismen und die stärker werdende Rekristallisation des Gesteins vollziehen sich jedoch nicht immer in einer kontinuierlichen Kurve, sondern erscheinen oft unterbrochen und sprunghaft.

Die dünngebankten Kalke kommen im oberen Quintnerkalk vor, d. h. über den durchwegs konstanten 50 m dickbankigen Kalken und

»fausses brèches«. Das erste Band dünngebankter Kalke bildet den oberen Abschluß des Unteren Quintnerkalkes. Im N Faziesgebiet lassen sich 5 verschiedene Bänder dünngebankter Kalke unterscheiden. Im S beginnen diese dünnschichtigen Kalke vorzuherrschen, wobei die dazwischenliegenden, massigen Kalke zurücktreten (vgl. Profile 1, 2 und 3). Zu ihrer Erscheinungsform im Gelände ist zu bemerken, daß sie oft, aber nicht immer als grasbewachsene Bänder oder ausgewitterte Kehlen auftreten. Dünngebankte Kalke können, wie die massigen Kalke, auch wandbildend sein.

2. Dickbankige bis massige Kalke.

Glatte bis karrige Oberfläche, hell bis graubraun anwitternd, manchmal von Kieselknauern durchsetzt, im Bruch muschelig, glatt, oder parallelepipedisch absondernd. Die Farbe der frisch gebrochenen Fläche ist vorwiegend blauschwarz, manchmal, besonders im oberen Malm auch heller braungrau. Massige Kalke sind meist spröde. Es lassen sich folgende Typen unterscheiden:

a) Radiolarienkalk.

Mikr.: Str. krümelig bis onkoidisch. Beide Mikrostrukturtypen mit Uebergängen kommen oft im gleichen Dünnschliff vor. Calcitische Ausscheidungen und wenige pigmentierte oder tonige Schlieren. Als Organismen herrschen die Radiolarien vor, seltener sind die Schwammnadeln, der Org. D., dazu Textulariden und andere Foraminiferen, die nicht näher bestimmbar sind. Hauptmineral ist der reine Calcit, der oft mehr als 40 % des Gesteins aufbauen kann. Er tritt auf als Sammelkristallisation, in den Organismenresten und als Füllung der Adern. Quarz findet sich nur in kleinen Mengen als winzige, kantige Sandkörner, manchmal sekundär als Begleiter von Pyrit (Fahne) in Form von kleinen Körnchen, die gut kristallographisch begrenzt sind. Sehr selten Limonit, Haematit fein verteilt in den rotgeflammten Kalken.

Die massigen Kalke treten als Radiolarienkalke in der unteren Hälfte des unteren Quintnerkalkes auf, mit Uebergängen in die »fausse brèche« (Knollenkalk). Auch im oberen Quintnerkalk treten gewisse hervorstehende, massige Bänke als Radiolarienkalk auf. (Vgl. Profil 3, Nr. 16.)

b) Schwammnadelkalke.

Mikr.: Str. meist wie bei a), jedoch mehr fleckig, oft ein wildes Durcheinander von hellen und dunklen Partien. Weniger Kieselknauern als im Radiolarienkalk. Uebergänge in die Knollenkalke (»fausse brèche«). Schwammnadeln überwiegen, untergeordnet Radiolarien, Org. D. recht häufig. Seltener sind die unbestimmbaren Organismen. Calcit herrscht vor als Füllmaterial der Organismenreste. Quarz ist sehr selten oder fehlt gänzlich. In Höfen findet man Limonit und verstreut auch Pyrit.

Schwammnadelkalke sind typisch für den oberen Teil des unteren Quintnerkalkes. Teilweise recht häufig findet er sich auch im oberen Quintnerkalk, aber nie so dominierend wie im unteren.

c) Calpionellenkalk.

Mikr.: Str. dicht bis krümelig, Farbe hell bis braungrau. Oft findet sich fein verteilter calcitischer Sand in der Grundmasse. Calpionellen herrschen vor. Man erkennt die 3 von CADISCH (Lit. 6) unterschiedenen Formen:

Calpionella alpina, LORENZ
Calpionella oblonga, CADISCH
Calpionella elliptica, CADISCH

Die Radiolarien spielen eine untergeordnete Rolle. Sie nehmen mit zunehmender Häufigkeit der Calpionellen ab. Schwammnadeln kommen vor, besonders als Form des Org. D. nach A. LOMBARD genannt »formes découpées«. Es dürfte sich jedoch um eine noch nicht eingehend untersuchte Art Spongienrelikte handeln. Org. D. mit dem Achsenkreuz bei gekreuzten Nicols tritt ebenfalls auf. Sehr wenig Quarz, Pyrit und Limonit.

Ueber das Vorkommen der Calpionellenkalke vgl. p. 40.

Zusammenfassung.

Die drei beschriebenen Typen von massigen, dickbankigen Kalken sind als Hauptvertreter herausgegriffen. Es kommen jedoch alle Uebergänge von a in b und in c vor. Wesentlich ist die Feststellung, daß die Mikrostruktur massiger und dickbankiger Kalke niemals dicht ist. Sie stellen sowohl in bezug auf Struktur als auch auf Fossilgehalt die obere Fortsetzung der dünngebankten Kalke dar. In der nördlichen Fazies überwiegen die dickbankigen Kalke, während dieses Verhältnis im S umgekehrt ist.

3. Schlieriger Kalk.

Der schlierige Kalk ist sehr widerstandsfähig gegen die Verwitterung. Er tritt deshalb meist dickbankig auf. Er übertrifft sogar den massigen Kalk an Widerstandsfähigkeit. Bräunliche bis rostige Schlieren durchziehen die bläulichgraue Kalkmasse und werden oft so häufig, daß sie mit ihren gewundenen Bahnen die Grundmasse des Kalkes so einschließen, daß diese ein knolliges Aussehen bekommt und auf der Anwitterungsfläche brecciös verwittert.

Mikr.: Str. krümelig bis onkoidisch, dunkelbraune, rostige Schlieren umhüllen Pigmentkonzentrationen gleich einem Zement, erreichen jedoch nie einen bedeutenden Anteil am Aufbau des Gesteines. Schlieren sind steril, Kalkkomponenten führen Radiolarien und Schwammnadeln. Calcit, Eisencarbonat und Pyrit in den Schlieren.

Schlierige Kalke befinden sich vornehmlich an der Obergrenze massiger Kalke, oder dann als hervorstehende Bank inmitten dünngeschichteter Kalke. Ich bin mit E. ROD (Lit. 36) der Meinung, daß die schlierigen Kalke ungefähr den sog. Grenzbreccien entsprechen, da sie meist dort auftreten, wo diese fehlen. Sie wären demnach nur eine andere Ausbildungsform der pseudobrecciösen Grenzschichten. Für diese Annahme sprechen die eisencarbonatischen Calcitschlieren.

4. Knollenkalk.

Benetzt man die Anwitterungsfläche der Kalke des unteren Quintnerkalkes, so erhält sie das Aussehen eines bunten Mosaikes. Hellrosarote, mandelförmige, runde und langgezogene Kalkknollen mit zahnigem Rand werden sichbar. Sie liegen in einer blaugrauen (tonigen) bis gelbgrünlichen Grundmasse. Die Kalkknollen zeigen zuweilen ein wolkiges Aussehen. Feine, unruhig verlaufende Schlieren durchziehen das Gestein und schmiegen sich um die Knollen.

In einer anderen Varietät der Knollenkalke bemerkt man auch beim Benetzen der Gesteinsoberfläche nichts anderes als eine knollige Kalkmasse von einheitlicher Färbung oder nur geringer Hellfärbung der Knollen. Die Knollen erkennt man am besten an der Anwitterungsfläche, welche im Gegensatz zu der ersten Varietät rauh ist. Im Dünnschliff unterscheiden sich die beiden Varietäten nur unwesentlich und können gemeinsam betrachtet werden.

Mikr.: Der Zement ist ein dichter bis onkoidischer Kalk, das tonige Pigment verursacht neblige Trübungen. Zement und Knollen sind nur undeutlich abgetrennt und unterscheiden sich vorerst nur durch die verschiedene Tönung. Der Zement ist graubraun, die Komponenten hellgrau, wobei die Rosafärbung fast nicht zu erkennen ist.

Viele Schwammnadeln im Zement, welche filzig miteinander verwachsen sind. Sehr häufig tritt der Org. D. auf. Daneben existieren auch Radiolarien.

Die Knollen zeigen allgemein eine feinere Str. welche dicht bis krümelig ist. In ihrer hellen Masse kann man kleine dunkelrote Kriställchen bemerken (Haematit), welche die Rotfärbung verursacht haben. Die Schwammnadeln sind im Gegensatz zum Zement bedeutend seltener. Man findet auch reichlich Radiolarien und den Org. D.

Im Knollenkalk des unteren Quintnerkalkes herrschen an Stelle der Schwammnadeln die Radiolarien vor. (Vgl. die Profile 1, 2 und 3.)

Vorkommen: Der Knollenkalk hat den größten Anteil am Aufbau des unteren Quintnerkalkes. Seine Mächtigkeit beträgt im Durchschnitt 30—40 m. Er tritt auf in massigen Gesteinsbänken von ½—1 m. Die schönste Fundstelle des ganzen Untersuchungs-

gebietes ist jedenfalls das Profil 3, E unterhalb des Telli, wo der Knollenkalk über 30 m mächtig unterhalb des Schneeseeleins im Tellitälchen ansteht. (Vgl. Fig. 24.)

Der vorliegende Knollenkalk ist mit Sicherheit demjenigen RODS (Lit. 36) gleichzusetzen. Er unterscheidet ebenfalls zwei Varietäten, den eigentlichen Knollenkalk als Aequivalent der »fausse brèche« oder der »marbres de Guillestre« und den Knollenkalk vom »Typus Barglen«. Knollenkalk der zweiten Art wurde auch im untersten Kimeridge des Laucherhornes beobachtet. (Profil ROD und STAENDER.) Aus dieser weiten Verbreitung kann man schließen, daß der Knollenkalk eine durchgehende Erscheinung im Malm der Wildhorndecke ist.

Ueber die Entstehung dieser Struktur möchte ich mich nicht äußern, da diese erst nach eingehenden Spezialstudien und Experimenten abgeklärt werden kann.

5. Spätiger Kalk.

Spätiger Kalk wittert rauh an und hebt sich vom übrigen Kalk durch einen rostigen Ueberzug ab. Im Bruch erkennt man von bloßem Auge reinen Calcit neben dunklen Kalkkernen, wobei jedoch der Calcit vorzuherrschen scheint.

Mikr.: Originaltyp des onkoidischen Kalkes. Die Str. entspricht dem unter Mikrostruktoren (p. 54) beschriebenen onkoidischen Kalk.

V o r k o m m e n : Der spätige Kalk wurde nur im Profil 1 an der Grimselegg gefunden, wo er als selbständige Bank über der Pseudobreccie Nr. 18 liegt. Der spätige Kalk darf wohl der Mikrobreccie und feinen Echinodermenbreccie RODS (Lit. 36) gleichgestellt werden, obwohl ich den Ausdruck Mikrobreccie für diese Struktur nicht gebrauchen würde, da es sich um keine Breccie im eigentlichen Sinne handelt. Die Mikrobreccie RODS kann nach Mikrofossiliengehalt ins Tithon gestellt werden. Er findet Coscinoconus alpinus, während der spätige Kalk an der Grimselegg keine oder nur unbestimmbare Organismen führt.

6. Oolithischer Kalk.

Die Anwitterungsfläche ist ausgesprochen oolithisch. Der Oolith wittert etwas gelblicher als der Malmkalk an, tritt jedoch wie dieser kompakt auf. Im Bruch verhält er sich ähnlich wie der oben be-

schriebene spätige Kalk, nur daß hier die Komponenten deutlicher erkennbar sind. Der Zement ist eine glasklare Calcitmasse.

Mikr.: Durchsichtige Grundmasse, in welcher die Oolithkörner schwimmen. Es herrschen die unter Mikrostrukturen beschriebenen Fälle 4 a und b vor. (Vgl. Fig. 17.) Wir erkennen an Organismen *Coscinoconus alpinus* LEUPOLD, *Coscinoconus elongatus* LEUPOLD. Nummuloculina, Echinodermentrümmer und unbestimmbare Organismen.

Nach diesen Funden wäre der Kalk in das Obertithon zu stellen, wenn nicht seine Stellung im Profil unklar wäre. ROD beschreibt, daß in seiner Mikrobreccie z. T. auch oolithische Körner auftreten können. Dieser Hinweis genügt jedoch nicht, den oolithischen Kalk ebenfalls dieser Mikrobreccie gleichzustellen. Seine Aehnlichkeit mit dem Oolith aus dem Faulhorngebiet ist frappant und ladet zu Parallelen ein.

7. *Pseudobrecciöser Kalk* (structures pseudobrèchoides, CAYEUX).

Hellgrauer Kalk mit rauher, zellig anwitternder Oberfläche. Voll von orangegelben Flecken und Schlieren. Die Anwitterungsfläche hat ausgesprochen brecciösen Charakter, wogegen ein solcher im Bruch nicht immer erkennbar ist. Die brecciöse resp. pseudobrecciöse Str. ist im Handstück nicht immer deutlich. Im Schichtverband tritt die Pseudobreccie als widerstandsfähige, hervorstehende Bank auf, stets an der Basis dünngebankter Kalke.

Mikr.: Die Komponenten bestehen aus dunklem Kalk, der Zement ist ein Mosaik von Calcit und Eisencarbonat. Die Komponenten bestehen aus großen zackigen Gebilden aus dichtem Kalk, welche den Eindruck einer mechanischen Aufspaltung erwecken. In den mit Calcit und Eisencarbonat erfüllten Spalten schwimmen dicht pigmentierte Kalkkörner. Der Grad der Aufspaltung ist je nach der Lage in der Schicht ein vorgeschrittener, so daß die Komponenten aus dichtem Kalk völlig voneinander getrennt erscheinen, oder er ist noch im Anfangsstadium, wo sich die Komponenten noch berühren oder sogar noch zusammenhängend sind.

Ich bin mit ROD (Lit. 36) der Meinung, daß es sich bei der Entstehung der Pseudobreccien um eine Entstehung in situ handelt. Die meist eckigen Komponenten sprechen schon gegen einen Transport. Der Gehalt der Pseudobreccien an Mikrofossilien ist meistens gering. Es treten wohl Radiolarien auf, doch sind die meisten Komponenten entsprechend ihrer dichten Struktur auch steril. Selten trifft man in der eisencarbonatischen-calcitischen Füllmasse Echinodermenbruchstücke.

Die Pseudobreccien liegen immer an der Basis dünngebankter Kalke. Sie stellen jeweils die Grenzen zwischen zwei Sedimentationszyklen dar.

8. Brecciöser Kalk (Kalkbreccie).

Auf der leicht angewitterten Gesteinsoberfläche tritt die Brecciennatur sehr deutlich hervor. Nach ihrem Aussehen läßt sich die Breccie in zwei Varianten gliedern:

a) Breccie mit hellen Komponenten und dunkler Grundmasse. Die Komponenten wittern glatt oder karrig an, die Grundmasse sandig bis rauh. Im Bruch erkennt man die Grundmasse als schlieriges, braunes Bindemittel mit Mergelgehalt. Die Komponenten sind glattspaltende, dunkle Kalke aus monogenem Material (makroskopisch).

b) Breccie mit dunklen Komponenten und heller Grundmasse. Diese Breccie hat oft den Habitus des parallelepipedisch spaltenden, obertithonischen Kalkes. Im Bruch ist die Brecciennatur nicht erkennbar, da der Zement und die Komponenten fast die gleiche Tönung aufweisen.

Die Breccie tritt an der Grenze Malm-Kreide auf.

Zusammenfassung.

Die verschiedenen Gesteinstypen lassen sich in eine kontinuierliche Reihe einordnen, von den dünngebankten, in der Struktur dichten Kalken bis zu den pseudo- oder brecciösen Kalken. Diese Anordnung, die vielleicht etwas willkürlich scheint, hat einen Sinn im Hinblick auf die Deutung der zyklischen Sedimentation. Wir finden im Sedimentationszyklus die ganze Reihe von den dünngebankten Kalken, über die massigen, krümeligen Kalke bis zu den onkoidischen, pseudobrecciösen oder brecciösen Kalken vertreten.

Problematisch sind die Breccien, wenigstens was ihre Abgrenzung gegen die Pseudobreccien anbelangt. Breccie ist eine petrographische Strukturbezeichnung, welche an sich nichts über die Art ihrer Entstehung aussagt. Es fällt mir jedoch schwer, z. B. die Breccien an der Basis der Kreide gewissen brecciös aussehenden Typen aus der Klasse der Pseudobreccien gleichzusetzen. Diese Gesteinsarten unterscheiden sich doch wesentlich durch die Art ihres Zementes, wie auch der Komponenten. Ich neige daher eher zur Ansicht von M. GERBER (Lit. 12), welche auch die Pseudobreccien für keine echten Breccien hält. E. ROD (Lit. 36, p. 48—51) dagegen hält daran fest, daß die Bezeichung Breccie in streng petrographischem Sinn gebraucht werden müsse. Was er unter »Zement, ein authigenonkoidischer Kalk« oder »Homogene Kalkbreccie mit Mikrobreccie als

Zement« beschreibt, findet sich hier unter 7. Pseudobreccien beschrieben. Seine »Mikrobreccie und feine Echinodermenbreccie« dürfte demnach meinem spätigen Kalke entsprechen.

Aequivalente des oolithischen Kalkes finden sich bestimmt im Faulhorngebiet. Ein Vergleich mit der von LEUPOLD und BIGLER (Lit. 28) publizierten Foto (Tafel XVIII, 11) ergibt eine verblüffende Uebereinstimmung mit dem oolithischen Kalk an der Burgegg. Der oolithische Kalk figuriert dort unter der Bezeichnung Mikrobreccie.

Außerhalb der oben erwähnten Reihe im Sedimentationszyklus stehen die Knollenkalke. Schon ihre Vorkommen im massigen untern Quintnerkalk, ihre bedeutende Mächtigkeit deuten auf eine gesonderte Stellung hin. Es fällt auch schwer, diesen Kalk so zu beschreiben, daß man sich darunter das Richtige vorstellen kann. Ich verweise deshalb auf Fig. 24. Ueber die Entstehung des Knollenkalkes kann heute noch nichts bestimmtes ausgesagt werden.

Die Breccie an der Basis der Kreide findet eine eingehende Würdigung auf p. 33 ff.

III. Betrachtungen zur Tektonik des Malm.

Einleitung.

Im Verlauf der stratigraphischen Aufnahmen im Untersuchungsgebiet drängten sich auch tektonische Fragen auf, die an sich interessant sind, und von deren Beantwortung die Auswertung der stratigraphischen Untersuchungsergebnisse abhing. Dieser Abschnitt macht daher nicht Anspruch auf eine umfassende Behandlung aller vorhandenen Probleme, sondern er soll bloß koordinieren, ergänzen oder berichtigen und einen Ueberblick über den Bau der untersuchten Malmelemente geben.

Es kommt nicht von ungefähr, von einer Tektonik des Malm zu sprechen, ist doch der Malm dank seinem auffälligen Habitus ein vorzüglicher Indikator der Tektonik überhaupt. Er nimmt aber auch wegen seiner Starrheit inmitten der ihn umgebenden schiefrigen und mergeligen Gesteine eine Sonderstellung ein. Während diese beweglichen Massen vornehmlich Gleitmaterial waren, kann der Malmkalk als der eigentliche Träger der tektonischen Bewegungen bezeichnet werden.

Als Grundlagen für die Untersuchungen dienten vor allem die Arbeiten neueren Datums von STAUFFER (Lit. 38), GOLDSCHMID (Lit. 14), die geologischen Karten *Blatt Lauterbrunnen* (Lit. 16) und *Blümlisalp* (Lit. 27). Die neuesten tektonischen Spezialarbeiten stammen von H. GÜNZLER-SEIFFERT, niedergelegt im *Postroutenprofil Kiental* (Lit. 18) und im *geologischen Führer der Schweiz*, in der Exkursion 45 (Lit. 21, Fasc. IX). Die älteren Arbeiten von MÖSCH (Lit. 34), HELGERS (Lit. 25) und GERBER (Lit. 13), welche durch die neueren oben zitierten Arbeiten z. T. bereits widerlegt und verbessert sind, werden jeweils bei der Besprechung der untersuchten Gebiete nur kurz erwähnt. Besonders möchte ich jedoch auf die bedeutsame Veröffentlichung von BERTRAND und GOLLIEZ »Les chaines des alpes septentrionales« (Lit. 5) hinweisen, welche bereits anno 1897 als erste auf den Deckencharakter des Gebietes zwischen Kienbach und Lütschinen aufmerksam gemacht hat.

Die vorliegenden Untersuchungen erstrecken sich insbesondere auf das Gebiet von Isenfluh, des Saustales, die Kilchfluh und das Große Hundshorn. Für die nördlichen Regionen halte ich mich an die durch die tektonische Uebersicht in *Blatt Lauterbrunnen* der geologischen Karte gegebenen Beziehungen (Lit. 16).

1. Die Tektonik des Gebietes zwischen Sulegg-Silerengraben und Sulsbach-Sausbach.

Der Westhang des Lütschinentales, zwischen der Silerenalp im N und dem Sausbach im S ist gekennzeichnet durch drei Felsabstürze und drei dazwischenliegende Terrassen.

Ueber Zweilütschinen erhebt sich als erste Wandstufe die braune Isenfluh, bestehend aus Schiefern und Eisensandstein des Aalénien an der Basis und aus Bajocien mit abschließendem Spatkalk, der die Terrassenkante bildet. Derselbe Spatkalk bildet auch die kleine Wand zwischen Ahorni (ca. 1600 m) und Alp Biglen (1378 m) N von Isenfluh über dem Silerengraben. Ueber der Isenfluh, auf einer ersten Terrasse liegt das gleichnamige Dörfchen, dessen oberste Häuser bereits auf hellem Malmkalk stehen (Hotel Jungfrau). Dieser Malmkalk zieht sich, allmählich ansteigend nach N und bildet über der Terrasse die imposante zweite Fluh. Bei P. 1420 E Sulwald biegt die Wand aus der N-S-Richtung ab und reicht weiter ansteigend nach W oberhalb Ahorni und Heubiglen (P. 1653) bis an den Silerengraben hinan. Unter P. 1865 nT. oberhalb der Gummenalp biegen die Malmschichten in eine schöne Antiklinale um, deren Verkehrtschenkel entlang Alp Biglen, parallel dem Silerengraben bis direkt N unter P. 1378 nT. abfällt. Wir nennen diese Antiklinale die Sileren-Ahorni-Antiklinale.

Ueber der Dorffluh von Isenfluh liegen auf einer zweiten Terrasse die Häuschen von Sulwald und Mäderalp. An der Mäderegg, der Krete über Ahorni, stehen die Mergelschiefer der Unterkreide an, über welchen das Argovien einer dritten Malmkalkfluh liegt. Es ist die Kuhmattenfluh, der N und E Abfall einer kleinen Hochfläche, welche die dritte Terrasse bildet. Diese Hochfläche erstreckt sich zwischen dem Sulegg-Grat und dem Ars. Am W-Rand liegt das kleine Sulsseelein. Die Kuhmattenfluh begrenzt im N den Silerengraben und die Gummenalp (in der alten Topographie fälschlich mit einer Höhe von 1900 m angegeben, während sie in Wirklichkeit unter 1800 m liegt).

H. STAUFFER, der das Gebiet geologisch bearbeitete (Lit. 38) hat dieses karrige Plateau hinter der Kuhmattenfluh als »Kuhmattenfluhplatte« bezeichnet. Diese erstreckt sich in Wirklichkeit vom sog. Tschingel am Fuße des NE-Steilabfalles der Sulegg über den Sulssee und entlang dem Sulsbach bis zur langen Balm. Von hier aus setzt sich der Malm nach einer synklinalen Umbiegung als Verkehrtschenkel der Arsantiklinale fort.

Aus den Profilen von STAUFFER (Lit. 38) geht hervor, daß zwei selbständige Malmelemente übereinander liegen.

1. Der oben beschriebene Malm der Kuhmattenfluhplatte.
2. Der Malm von Isenfluh, welcher sich über Sulwald bis zur Silerenalp-Ahorniantiklinale fortsetzt. Der Verkehrtschenkel grenzt N P. 1378 am Weg vom Lütschinental auf die Silerenalp diskordant an nordwärts aufstrebendes Aalénien.

H. STAUFFER erklärt diese Erscheinung als »Untervorschiebung, während H. GÜNZLER-SEIFFERT sie in die Kategorie solcher Störungen schließt, welche älter als die alpine Faltung sind, sog. »alte Brüche«, die in axialer Richtung das Gebirge über weite Strecken durchziehen (Vgl. Lit. 16 und 20). Folgt man einige 20 m dem Silerenweg über der Diskordanz, so quert man eine steile Runse (in der nT. von Blatt Lauterbrunnen deutlich erkennbar), welche einem Bruch entspricht, der sich bis Ahorni, NE P. 1653 nT. verfolgen läßt. Dieser Bruch gehört zu einer Serie jüngerer Brüche, welche die Malmplatten schneiden. Vom Gipfel des Bellenhöchst (2084 nT.) aus erblickt man mehrere Brüche, die alle gleichsinnig verlaufend die Folge eines Absinkens des E-Flügels der Schichtkomplexe darstellen. Vor allem sind es drei solcher Brüche, die selbst dem ungeübten Auge auffallen müssen, und welche sich ungeachtet der Härteunterschiede verschiedenen Gesteines in konvexer Bahn sowohl durch den Malm der Kuhmattenfluhplatte wie auch durch die Silerenantiklinale ziehen. Neben diesen drei Hauptbrüchen erkennt man noch viele kleinere Parallelbrüche, deren Wirkung diejenige der größeren verstärkt. Nach Messungen beträgt das Fallen der Bruchflächen nach NE im oberen Teil durchschnittlich 30°, im unteren dagegen 50°.

Ein Blick vom vordersten Punkt (2005 nT.) der Kuhmattenfluhplatte, über deren Karrenfelder, überzeugt uns schnell, daß die oben beschriebenen Brüche sich auch nach SW laufend verfolgen lassen. Am Sulsbach unten verbirgt sie der Gehängeschutt, doch dürfte ihre Fortsetzung in den zahlreichen Brüchen des vom Ars gegen Kuhbodmen abfallenden Grates zu suchen sein.

Diese Brüche sind Querbrüche, die mit dem Axialgefälle gleichsinnig nach ENE einfallen. Die Entstehung der Brüche ist mit dem Verlauf des Axialgefälles in Verbindung zu bringen. Die Silerenantiklinale, wie die Kuhmattenfluhplatte steigen von SW her sanft an, sie treten unter den Kreidemassen der Schwalmern hervor. Der Axialanstieg scheint sich sogar über das Lütschinental hinweg fort-

zusetzen, denn die Kulmination der Sileren-Ahorniantiklinale im Spatkalk bei Ahorni liegt auf 1660 m, während die entsprechende an der Schynigen Platte auf 2000 m liegt. Betrachtet man aber die Schichtlage genauer, dann zeigt sich NE der Linie Gummenalp-Kuhmattenfluh-Ars ein Absinken der Faltenaxe gegen die Lütschinen hin. Die gleiche Beobachtung macht man an der Schynigen Platte. Die daraus resultierende Axialdepression ist so stark, daß sie zwischen der Gummenalp und der Schynigen Platte die Hälfte der heutigen Taltiefe ausmacht (Vgl. ARBENZ, COLLET, GÜNZLER, LOUIS 1932, Lit. 4). Die Faltenaxe verläuft also zusammenfassend folgendermaßen: (von W nach E) Depression im Gebiet der Schwalmern, Kulmination auf der Linie Gummenalp-Kuhmattenfluh-Ars, Depression über dem Lütschinental, Kulmination im Gebiet der Schynigen Platte.

Die jungen Brüche sind als eine Folge des Einbrechens der Schichten in die Lütschinendepression aufzufassen. Es läßt sich hierbei nicht beurteilen, ob die konvexe Form der Bruchflächen auf die Beschaffenheit der Lütschinendepression, eine Torsionbewegung oder auf besondere Druckverhältnisse der die Kuhmattenfluh überlagernden Kreidemassen der Schwalmerngruppe zurückzuführen ist. Der konvexe Verlauf der Bruchflächen hat jedenfalls zur Folge, daß sie bis weit über die Kulmination der Linie Gummenalp/Kuhmattenfluh/Ars nach SW hinaus in die Depression der Schwalmern reichen.

In Berücksichtigung des Axialgefälles in die Lütschinendepression muß auch der in den STAUFFER'schen Profilen übermächtig dargestellte Malm von Isenfluh revidiert werden. Die gegen das Lütschinental abfallenden Malmschichten täuschen in der Tat, verstärkt durch unter Schutt verborgene Brüche, ein Anschwellen des Malmes vor.

Zusammenfassung:

Im Gebiete zwischen der Sileren und dem Sulsbach liegen zwei Malmplatten übereinander, der Malm von Isenfluh, endend in der Silerenantiklinale an einem »alten Bruch« und die Kuhmattenfluhplatte, welche unter der Sulegg ausdünnt. Tektonisch entspricht die Kuhmattenfluhplatte bereits der Scherzone (vergl. GÜNZLER-SEIFFERT, Lit. 15).

Junge Brüche durchschneiden die ganze Gegend. Sie zeugen von einer Beeinflussung des ganzen Komplexes durch die Lütschinendepression. Der Umstand, daß alle übereinanderliegenden Malmelemente gleichermaßen durch die Brüche erfaßt wurden, deutet darauf hin, daß die Malmplatten schon als Ganzes sich in ihrer heutigen Lage befanden, als die Brüche entstanden.

2. Die Tektonik des Ars.

Von Sulwald aus gesehen, d. h. von NE ungefähr in der Richtung des Axenverlaufes, zeigt der Ars eine prächtige Falte. Der Malm der Kuhmattenfluh setzt sich nach SW in die Kuhbodmensynklinale fort, welche braune Mergelschiefer der Unterkreide einschließt. Man gelangt auf dem idyllischen Weg, der von Kuhbodmen ins Saustal führt, schon jenseits (rechts) des Sulsbaches in die Synklinale hinein und findet auch die Mergelschiefer anstehend. Oberhalb der langen Balm steigt der Verkehrtschenkel der Arsantiklinale empor und erreicht in langgezogenem Bogen den Gipfel des Ars, indem er dabei einen Isoklinalkamm bildet. Einige Brüche, die analog derjenigen der Kuhmattenfluhplatte in die Lütschinendepression fallen, vermögen den Kamm zu staffeln.

Die Arsfalte ist jedoch nicht so gleichmäßig gebogen, wie sich vielleicht bei der Betrachtung aus der Ferne oder nach den STAUFFERschen Profilen (Lit. 38) ergeben möchte. Mindestens drei ausgeprägte Knicke und viele kleinere schaffen zur Hauptsache die Umbiegung, während die zwischen den Knickstellen liegenden Plattenstücke nur wenig gebogen sind.

Im SW ist die Arsfalte durch das Saustal in der Längsrichtung aufgeschnitten (vgl. Fig. 3). Die Schichtköpfe des Normalschenkels bilden die Felswände über den Natterwengen. An diesen läßt sich nunmehr das westliche Axialgefälle in die Schwalmerndepression beobachten, welches im Durchschnitt 5—6 % beträgt. Das Axialgefälle bewirkt, daß der Scheitel des Arsgewölbes unter dem nächst höheren Element, dem Spaltenhorn (2522 nT.) bereits 150 m tiefer liegt als am Ars selbst. Leider legt der Gantbach kein Profil bloß, das Schlüsse auf die Weiterentwicklung des Arselementes nach SW erlaubt hätte. Sicher darf man jedoch annehmen, daß dieses unter der überschobenen Schwalmernmasse in dem Sinne gelitten hat, daß der anfänglich nur leicht gebrochene Stirnteil der Falte verquetscht und auseinandergerissen wurde. Soweit man wenigstens 3 km SW des Gantbaches feststellen kann, jenseits der Kienegg und des Sausgrates, d. h. jenseits der Wasserscheide gegen den Spiggengrund, treten wohl einige ausgedünnte und zerbrochene Malmelemente zutage, aber vergeblich sucht man nach einer Arsfalte. Es kann bei den erwähnten Malmbändern nicht einmal festgestellt werden, was stratigraphisch oben und was unten ist, da kein Argovien und keine typischen Horizonte vorhanden sind. Neben dem Druck der überschobenen Schwalmernmasse muß hier auch das neueinsetzende axiale Steigen nach

SW, welches, wie sich aus der Verfolgung der Elemente nach SW ergibt, eine allgemeine Verflachung der tektonischen Formen zur Folge hat, auf die Arsantiklinale eingewirkt haben.

Kehren wir zu den Natterwengen am Nordhang des Saustales zurück. Hier läßt sich eine Reihe schöner Bruchbildungen verfolgen. Obwohl das axiale Gefälle ganz eindeutig in die Schwalmerndepression hinabweist, fallen die Brüche noch immer gegen die Lüschinendepression hin, also ganz gleichsinnig wie diejenigen der Kuhmattenfluh. Sie verlaufen fast flach und weisen nur noch ein ganz geringes Fallen nach NE auf. Erst senkrecht über den Hütten der Natterwengenalp setzen SW-fallende Brüche ein, die die Malmschollen in die Schwalmerndepression absinken zu lassen beginnen.

Zwei grasbewachsene Felsterrassen mitten in den Wänden, welche zwei besonders auffallenden Bändern dünngebankter Kalke entsprechen, zeigen deutlich die Sprunghöhen der verschiedenen Brüche auf.

Zusammenfassung.

Der Ars bildet eine Antiklinale, welche sich in axialem W-Fallen unter das Spaltenhorn zieht (Schwalmerndepression). Unter Einwirkung der überschobenen Schwalmernmasse und des rapiden axialen Ansteigens aus der Schwalmerndepression gegen SW geht der Antiklinalcharakter verloren.

3. Die Tektonik des Spaltenhornes.

SW des Gantbaches im mittleren Saustal erhebt sich der dolomitenähnliche Turm des Spaltenhornes (in der alten Top. als »Espalten« oder »Gspaltenhorn« bezeichnet). Den schroffen Felsabsturz gegen das Saustal hin bilden die hellen Malmkalke, während der Gipfel selbst und der Uebergang zum Hohgantplateau aus Mergelschiefern der Unterkreide bestehen. Von weither erkennt man die fast senkrecht emporstrebenden Malmplatten der Gipfelpartie. Auf ca. 2280 m setzt talwärts ein bräunlich anwitterndes Band von Argovienmergeln ein, das sich morphologisch als schmale Terrasse abzeichnet. Daran schließen sich wiederum helle Malmkalke, welche über der Talsohle in den Hang eintauchen. Hart über der Geröllhalde am Fuße der Wand stehen wiederum die Kalke und Mergel des Argovien an.

STAUFFER (Lit. 38) hat die merkwürdige Lagerung der Schichten am Spaltenhorn folgendermaßen zu erklären versucht: Der Nor-

malschenkel der Arsantiklinale (an den Natterwengen zu verfolgen) geht in eine Synklinale über, deren Kern oben am Weißbirg, in dem vom Schilthorn über das Bietenhorn und die Marchegg herabziehenden Grat stecken soll, quasi als ein unter der Walze der vorstoßenden Schilthornmasse eingeklemmtes Schwanzstück (vgl. Fig. 4). An diese Synklinale schließt sich eine tauchende Antiklinale, deren Kern das schmale Argovienbändchen ist. Die senkrechten Platten der Gipfelpartie des Spaltenhornes werden damit zum Normalschenkel dieser Antiklinale. Gegen die Auffassung STAUFFERS sprechen einige Tatsachen: Vergeblich sucht man nach einer Ansatzstelle der Synklinale am Weißbirg. Beim Uebergang von der Arsantiklinale zur Saussynklinale biegt der Malm einschließlich Argovien ungestört bis in die senkrechte Lage um. Die Malmplatten sind sogar leicht antiklinal gebogen, bevor sie an das Argovienbändchen grenzen.

Weiter muß festgehalten werden, daß die senkrechten Platten des Spaltenhorn-Gipfelmalmes über dem Gantbach deutlich diskordant auf dem Rücken des Arsnormalschenkels liegen.

Das Spaltenhorn stellt somit eine Verdoppelung von Malm dar, indem der Gipfelmalm durch überschobene Massen von seinem ursprünglichen Schichtverband gelöst wurde und als selbständige Schuppe in die Mulde der Saussynklinale eingeklemmt wurde (vgl. Fig. 4).

Verfolgt man die Saussynklinale und die Spaltenhornschuppe nach SW, über P. 2507, die Mähre 2609 bis auf den Türliboden, so finden wir die letztere Version dadurch bestätigt, daß die Schuppe SW der Mähre, am Bächlein, das vom Drettenhorn herabfließt, allmählich auszusetzen beginnt und schließlich unter der Kienegg gänzlich abbricht. Die Schuppe wird hier durch das Wiederansteigen der Axe gegen SW in die Luft hinausgehoben. Das Argovienbändchen verfolgt man über die Schafläger bis auf den Türliboden, wo es ebenfalls auszusetzen beginnt.

Jedenfalls erscheint es ganz ausgeschlossen, daß die Spaltenhornschuppe und die Saussynklinale mit dem Band 6 an der Kilchfluh parallelisiert werden können (vgl. p. 74) wie dies STAUFFER tut. Abgesehen davon, daß man, um das notwendige Axialansteigen zu erhalten, eine Axialflexur über der Kienegg einsetzen lassen müßte, welche jedoch durch nichts begründet wäre. Auch das Streichen des Argovienbändchens stimmt keineswegs mit einer Argovienmulde in Band 6 an der Kilchfluh überein.

Durch den Nachweis einer Spaltenhorn-N-Schuppe finden auch die Malmrelikte über den Sausböden und an der Stirne der Arsantikli-

nale eine Erklärung (vgl. geologische Karte Blatt Lauterbrunnen, Lit. 16). Es handelt sich bei diesen um verschleppte Teile der Spaltenhornschuppe.

Zusammenfassung.

Das Spaltenhorn ist die nächst höhere tektonische Einheit über dem Arselement. Sie ist kein einheitliches tektonisches Gebilde im Sinne STAUFFERS (Lit. 38), sondern besteht aus zwei Teilen:

1. Einer Synklinale als Fortsetzung des Normalschenkels des Arselementes. (Die Synklinale am Weißbirg ist nicht mit der Saussynklinale in Verbindung zu bringen, da es sich um ein viel südlicheres Element handelt.)
2. Einer Schuppe, die als ein vom Rücken der Spaltenhornfalte abgeschertes Stück in der Mulde der Saussynklinale eingeklemmt ist.

Eine Parallelisation des Spaltenhornes mit dem Malmband 6 an der Kilchfluh ist ausgeschlossen, da weder ein Bruch noch eine Axialflexur das nötige Gefälle herstellen, die Höhendifferenz zu überwinden. Als die natürliche Fortsetzung des Spaltenhornelementes, wahrscheinlich der Gipfelschuppe, ist Malmband 5 an der Kilchfluh (vgl. Fig. 10) zu betrachten.

4. Tektonische Probleme an der Kilchfluh.

Die Kilchfluh (2834 aT.) ist der NW-Ausläufer des Schilthornes und überragt den zirkusartigen Talschluß des Spiggengrundes. Sie fällt besonders auf durch den regelmäßigen Wechsel von wagrechten Felsbändern und Schutthalden an ihrem NW-Hang. Der schroffe Steilabhang über den Steinwängen am Hintergrund des Spiggengrundes, über welchen sich die Bäche in herrlichen Kaskaden in die Tiefe stürzen, wird hauptsächlich von den dunklen Gesteinen des Aaléniens und des Bajociens aufgebaut. Der Boden von Hohkien wird von Malm gebildet, der in scharfer Kante abbricht. Diesen Boden begrenzt, vom Spiggengrund aus nicht sichtbar, über sanft welligen Formen von Kreidemergelschiefern ein zweites Malmband. Darüber folgt eine mit Blöcken übersäte Terrasse, welche sich von Hohtreien (auf der Karte Ottreien, aber zu weit W) herüberzieht. Das Blockmaterial stammt von einem darüberliegenden dritten Malmband, das jedoch nicht die ganze Kilchfluh-NW-Seite quert. Es verjüngt sich, von oben her allmählich dünner werdend, gegen NE so, daß dieser Malm in der steilen Wildbachrunse gegenüber der oberen Hohkienhütte auskeilt. Der vom Malmkalk bedingte Steilabfall setzt sich je-

doch, wenn auch nicht mehr so scharf, nach NE fort, ungeachtet des Auskeilens des Malmbandes. Ganz nahe der SW-Flanke der Kilchfluh, über dem Einschnitt des Weißbaches durch Band 3, ragt nach einem nur wenige m breiten Gesimse aus Mergelschiefern der Unterkreide eine alleinstehende Malmwand heraus. Diese ist im NE ebenfalls abgeschnitten, und zwar in der Verlängerung der schrägen Schnittlinie, die Band 3 von oben her begrenzt hat. Ueber einem weiteren Band von Mergelschiefern, das sich auf der Höhe des Kilchfluhpasses quer durch die Kilchfluh zieht (im Gegensatz zur alten Topographie, welche dieses Band durch einen Felsabsturz unterbrechen läßt) folgt ein fünftes Malmband. Dieses scheint in seinem SW-Teil ausgedünnt und stark zerrüttet. Ueber einem letzten, steilen Band mergeliger Schiefer der Unterkreide tront endlich das oberste, sechste Malmband der Kilchfluh. Durch Brüche ist dieses in breite Türme aufgeteilt, die ihm aus der Ferne das Aussehen einer Krone geben.

Die erste eingehende Bearbeitung des Gebietes erfolgte durch E. GERBER (Lit. 13), eine zweite spätere durch H. GÜNZLER-SEIFFERT anläßlich der Herausgabe von Blatt Lauterbrunnen. Günzler-Seiffert hat auch versucht, anhand der vorliegenden Untersuchungen, die verschiedenen Malmeinheiten der Kilchfluh ordnend in den Gesamtbau der helvetischen Malmelemente einzuordnen (Lit. 16).

Den besten Einblick in die Tektonik der Kilchfluh erhält man von der Burgegg oder dem Glütschhörnli aus. Auf den ersten Blick erkennt man, daß die Ansicht GERBERS (Lit. 13), alle Malmbänder seien durch Luftsättel zu einem liegenden Faltenwurf zu verbinden, unhaltbar ist. So zeigt z. B. Band 2 (über Hohkien) in sich deutlich antiklinale Umbiegungen. Für das allmählich nach NE ausdünnende Malmband 3 findet sich in der GERBER'schen Version keine Erklärung. STAUFFER (Lit. 38) hat leider sein Untersuchungsgebiet mitten über der Kilchfluh abgegrenzt, so daß auch er nicht die tektonischen Probleme lösen konnte. Eine neuere Darstellung finden wir im Geologischen Führer der Schweiz (Lit. 21), wo GÜNZLER-SEIFFERT anhand von Profilen die Zusammenhänge der Malmbänder zu ermitteln trachtet.

Malmband 1 unterhalb Hohkien entspricht dem Malm von Isenfluh im NE, als Gewölbeschenkel der Sileren-Ahorniantiklinale. Diese Antiklinale selbst beobachten wir am linken Talhang des Spiggengrundes, unterhalb des Zahm Andrist, am rechten Talhang an der

Griesegg, wo der Malm ähnlich unvermittelt abbricht und auf Doggerschichten zu liegen kommt wie im Silerengraben (vgl. p. 64). Malmband 1 entspricht daher, wie GÜNZLER-SEIFFERT ganz richtig dartut, der tektonischen Einheit 5 (vgl. tekt. Kärtchen zu Blatt Lauterbrunnen, Lit. 16).

Malmband 2 zeigt senkrecht unter dem Gipfel der Kilchfluh eine aufgeschnittene Antiklinalstirne (vgl. Fig. 10) SW des Grabens des Ferrichbaches, links des Aufstieges gegen den Roten Herd ist diese Antiklinale gut aufgeschlossen. Sie ist dort allerdings mehr nach der Art eines Fragezeichens ausgebildet, oben antiklinal und unten synklinal gebogen. Antiklinale, wie Synklinale sind in Mergelschiefer und Kalk-Mergelwechsellagerungen des Argoviens gehüllt, welche jedoch bereits zum nächst höheren Element gehören. Nach der vorliegenden Schichtlage zu urteilen scheint nicht ausgeschlossen, daß zusammenhangslose Malmrelikte unterhalb des Hartisberges als verschleppte Teile des Malmbandes 2 zu betrachten sind.

Bei Band 2 handelt es sich zweifelsohne um ein höheres Element als Band 1, welches nach den Verhältnissen im E gedeutet, der Kuhmattenfluhplatte entsprechen dürfte. Höchst bemerkenswert ist jedenfalls die Tatsache, daß der Malm der Hohmaadegg, P. 2282 aT., ebensoweit nach NE reicht wie die Kuhmattenfluh (vgl. Tafel I).

Malmband 3 schafft nun schon bedeutendere Schwierigkeiten. Am linken Hang des Hohkienbodens begrenzt es einen auf 2300—2400 m liegenden Talboden zwischen den beiden vom Wild Andrist bezw. Zahm Andrist gegen Hohkien absteigenden Gräten. Die nach NW einfallenden Schichtplatten des Malm liegen diskordant auf dem liegenden Argovien. Diese Diskordanz ist tektonisch bedingt. Wie schon oben dargetan, läßt sich Band 3 bis knapp über die Mitte des Kilchfluh-NW-Hanges verfolgen, wo es allmählich ausdünnend schließlich abbricht. Wir kommen später eingehender auf diese Erscheinung zu sprechen, welche auf einen Bruch großen Ausmaßes zurückzuführen ist. Am rechten Hang des Hohkienbodens suchen wir vorläufig vergeblich nach einem gleich hohen Aequivalent von Band 3. Die Berücksichtigung des erwähnten Bruches wird uns hierüber Klarheit verschaffen.

Um die tektonische Stellung von Band 3 erklären zu können, muß man schon weiter nach SW gehen und die Lage der Malmelemente in den Bockspfäden in den rechten Hängen des Kientales über Obersteinenberg in Vergleich ziehen. Es liegen dort drei, allerdings durch verschiedene Brüche stark aufgelöste Malmelemente übereinander

(vgl. Postroutenprofil Kiental, Lit. 18). Das unterste Element entspricht dem Malmband 1 von Hohkienboden und damit dem Malm von Isenfluh im äußersten NE des Gebietes. Das mittlere, besonders stark in schollenartige Komplexe aufgelöste Element korrespondiert mit Band 2 an der Kilchfluh. Das oberste, unter der Paßlücke zwischen Wild und Zahm Andrist zu bedeutender Mächtigkeit anschwellende Band entspricht demnach Band 3 an der Kilchfluh. Die zwei oberen Einheiten gehören zur Scherzone (vgl. Lit. 15). Im NE, im Gebiet von Isenfluh, liegen in der entsprechenden Etage des Malmdeckenbaues bloß zwei Platten übereinander. Es wurde aber schon angedeutet, daß das Arselement nach SW hin unter dem Einfluß der Schwalmerndepression und besonders des kräftigen Axialanstieges nach SW geborsten sei. Wir dürfen daher annehmen, das Malmband 3 an der Kilchfluh, wie der entsprechende Malm am Kientalhang gehöre zum Arselement. (In der tekt. Karte zu Blatt Lauterbrunnen mit 6 bezeichnet.)

Malmband 4, das wie oben erwähnt, als isolierte Fluh ganz in dunklen Mergelschiefern der Unterkreide schwimmend, an der W-Flanke der Kilchfluh zu finden ist, dürfte als verschlepptes Element einer höheren Antiklinale oder Schuppe des Arselementes angehören. Seine Bedeutung wird im Zusammenhang mit der Besprechung der Brucherscheinungen an der Kilchfluh noch besonders hervorgehoben.

Malmband 5, das sich, allmählich geringer werdend, vom Kilchfluhpaß gegen SW zieht, wäre dem Malm des Spaltenhornes gleichzusetzen. Seine Fortsetzung in die Region des Hundshornes zu verfolgen, begegnet, wie übrigens auch diejenige von Band 4, wegen Schuttbedeckung einigen Schwierigkeiten.

Malmband 6, die »Krone« der Kilchfluh, liegt einwandfrei verkehrt. Am Kilchfluhgipfel, P. 2834 aT., finden wir Schieferplättchen des Argovien, am Fuße des Bandes die typische Breccie an der Basis der Kreide (vgl. p. 36). Das Malmband 6 ist mit keinem Malmelement des oberen Saustales und auch mit keinem der Hundshornregion zu vergleichen. Am ehesten käme eine Verbindung mit dem verkehrt liegenden Malm des Drettenhornes, des Hohganthornes oder der Lobhörner in Frage. Wie schon die Betrachtung der Breccie an der Basis der Kreide zeigt, hat es auch mit den erwähnten Malmklippen die größten stratigraphischen Aehnlichkeiten. STAUFFER (Lit. 38) versuchte dieses Band 6 mit dem Spaltenhorn zu parallelisieren. Als SW-Fortsetzung betrachtete er den Gipfelmalm des großen Hunds-

hornes. Trägt man aber dem axialen Ansteigen gegen SW einigermaßen Rechnung und berücksichtigt man die beiden großen Kilchfluhbrüche, so zerschlägt sich jede Möglichkeit einer derartigen Parallelisation.

5. Die Brüche an der Kilchfluh.

Kilchfluhbruch I:

Aus dem vorhergehenden geht hervor, daß Band 4 und Band 3 an der Kilchfluh schräg geschnitten sind und daher der Malm gleichsam ausdünnt. Genaue Beobachtungen lassen erkennen, daß es sich keinesfalls um Ausdünnungen im stratigraphischen Sinne handeln kann, welche z. B. auf eine Transgression oder ein horizontales Uebergehen von Kalken in Mergel zurückzuführen wäre. Erstens sind die hier wagrechten Schichten geköpft, ohne daß eine Transgressionsbreccie zu finden ist und zweitens gehören die die Gefällsstufe von Malmband 3 fortsetzenden Mergelschiefer ihrem Habitus nach der Unterkreide an. Diese Verhältnisse sind auf der Karte *Blatt Lauterbrunnen* absolut richtig dargestellt (Lit. 16). Ueber der ziemlich geradlinigen, von SW nach NE durchschnittlich 20° abfallenden Schnittlinie trifft man mehrere, ganz von dunkeln Mergelschiefern eingehüllte Malmlinsen, deren größter Durchmesser in der Richtung der Schnittlinie liegt.

Es gibt daher für dieses Phänomen keine andere Erklärung als die eines Bruches von ungewöhnlichen Dimensionen. Verfolgt man nämlich diese schiefe Bruchfläche nach NE, so kann man mühelos Schnitte durch die unteren Malmelemente konstatieren. Band 2 ist wie Band 3, nur etwas weiter E geschnitten. Erstaunlicherweise setzt sich hier aber auch über der Bruchfläche ein Malmband fort. Es ist jedoch nicht mehr Band 2, sondern bereits das verstellte Band 3, das hier die morphologische Fortsetzung von Band 2 bildet. Malmband 2 selbst taucht erst wieder an der Hohmaadegg auf, nachdem es ein zweites Mal, jetzt in entgegengesetztem Sinne, vom selben Bruch geschnitten worden ist (vgl. geol. Karte, Blatt Lauterbrunnen. Lit. 16).

Die isolierten Malmlinsen, gerade über den Hütten von Hohkien, sind nichts anderes als verschleppte Pakete von Band 4. Selbst Band 4, dessen Stellung nicht absolut klar ist, dürfte als Klemmpaket in der Bruchzone angesehen werden. Die höheren Bänder 5 und 6 werden sicher auch geschnitten, jedoch liegt ihre Bruchfläche unter den mächtigen Schuttmassen des Kilchfluhwesthanges verborgen.

In der Annahme eines weiteren Verlaufes des Bruches über den Roten Herd gegen Boganggen hinüber, wurden auch die tektonischen Verhältnisse der Südabdachung einer Prüfung unterzogen. Die zerrütteten Argovienmergel und Schiefer des Roten Herdes selbst boten keine Anhaltspunkte. Erst im liegenden Spatkalk des Bajocien konnten wieder Bruchflächen, die mit großer Wahrscheinlichkeit zum Kilchfluhbruch gehören, erkannt werden. Der Spatkalk ist von einer ganzen Serie von Brüchen gestaffelt. STAUFFER (Lit. 38) hat aus dieser Staffelung eine Falte gemacht, welche er mit Falten im Spaltkalk über Dürrenberg, jenseits des Hundshornes parallelisieren zu können glaubte.

Um Verwechslungen zu vermeiden, wird der beschriebene Bruch als Kilchfluhbruch I bezeichnet.

Die Neigung der Gleitfläche von Kilchfluhbruch I deutet auf ein Absinken der ganzen Kilchfluh, inkl. des angelehnten Schilthornes in die Schwalmerndepression. Die Bewegung kann nicht auf der ganzen Linie eine gleichartige gewesen sein, da sich Differenzen in der Sprunghöhe ergeben. Dies kann allerdings auch dadurch erklärt werden — an der Hohmaad ob der Glütschalp ist es jedenfalls so —, daß sich die Bewegung in mehrere Differentialbewegungen aufgelöst hat, wodurch viele kleinere Parallelbrüche links und rechts des Hauptbruches entstanden. Es könnten aber auch noch jüngere Brüche in der Richtung der Axe die Intensität des Kilchfluhbruches I verstärkt oder auch vermindert haben. So beträgt die Sprunghöhe über Boganggen ca. 80 m, oberhalb Hohkien (Hohtreien) ca. 100 m und an der Hohmaadegg nur noch wenige m.

Zusammenfassung.

Der Kilchfluhbruch I erstreckt sich über eine Länge von 4 Km. quer zum Gebirgsstreichen, von der Hohmaadegg über Glütschalp, die Kilchfluh schräg von unten nach oben schneidend über den Roten Herd bis gegen Boganggen. Der Bruch hat bewirkt, daß die ganze Gesteinsmasse der Kilchfluh um durchschnittlich 80—100 m nach N oder NE abgesunken ist. Wir müssen deshalb die NE-Fortsetzungen der Malmbänder 2, 3 und 4 auch 80—100 m weiter unten suchen (wie dies oben schon getan wurde). Es wird durch diesen Bruch nun auch verständlich, weshalb die Malmbänder an der Kilchfluh trotz axialen Ansteigens der Deckenunterlage gegen SW fast wagrecht liegen. Es ist deshalb auch einleuchtend, daß der Malm des Hundshorngipfels unter keinen Umständen mit dem infolge des Bruches

viel zu tief liegenden Gipfelmalm der Kilchfluh parallelisiert werden kann.

Kilchfluhbruch II:

Blickt man vom Glütschhörnli gegen Hohkien und die Kilchfluh, so fallen dem Beobachtenden eine Reihe von mit 60^0 gegen NE einfallenden Bruchflächen auf: Beim Durchbruch des Hengstbaches durch Malmband 1, im Graben des Ferrichbaches durch Malmband 2 und 3.

Steigt man von Unter-Glütsch empor über Bärenfeld, einer Vorstafel der Hohkienalpen, so gelangt man unterhalb Bärenfeld in ein kleines Tälchen, durch welches ursprünglich der Hengstbach geflossen sein wird. Das Tälchen ist nichts anderes als die Spur des Bruches nach NNE. Unter der Griesegg am Hohmaadgrat erblicken wir in derselben Verlängerung eine NE-wärts einfallende Bruchfläche, welche den Verkehrtschenkel der hier deutlich erhaltenen Silseren-Ahorniantiklinale köpft. Unterhalb des Wasserfalles, der sich über die Bajocienkalkfelsen von der Glütschalp herunterstürzt, finden wir wieder eine gleichsinnige Bruchfläche, welche sich dann allerdings gegen das Glütschhörnli zu in mehrere Brüche auflöst. Verfolgen wir den Bruch weiter nach S, über die Einschnitte durch Malmband 2 und 3 hinaus, so werden wir vor einige Rätsel gestellt. Am Fuße der SW-Kilchfluhflanke, etwa auf der Höhe von Malmband 4, erblicken wir beim Aufstieg gegen den Roten Herd ein dreieckig ausgeschnittenes Fenster, in welchem die typischen gelb-braunen Kalke und Mergel des Argovien zutage treten. SW davon stehen steile Malmbänke an, die als Teile einer Antiklinale gegen oben die horizontale Lage anstreben. Das dreieckige Argovienfenster erscheint daher als ein aufgebrochenes und abgesunkenes (event. auch vorgeschobenes) Stirnelement der SW angrenzenden Antiklinale. Entlang der SW-Begrenzung des Fensters erkennen wir deutlich eine Bruchfläche, welche füglich als zum Kilchfluhbruch II gehörig gezählt werden kann. Man kann einen runsenartigen Einschnitt bis fast auf den Roten Herd verfolgen, dessen Spuren sich dann in den abgewitterten Mergelschiefern des Argoviens am Roten Herd verlieren. Der SW Bruch im Spatkalk S des Roten Herdes dürfte dem Kilchfluhbruch II entsprechen.

Die Sprunghöhen des Kilchfluhbruches II reichen nie an diejenigen des Kilchfluhbruches I heran. Oberhalb Bärenfeld, beim Schnitt des Bruches durch Malmband 1, ist der Malmkalk neben die Wechsellagerung des Argoviens und den Spatkalk gestellt worden. Dazu

war eine Sprunghöhe von nicht über 50 m nötig. Die Antiklinalumbiegung in Band 2 wurde etwa um denselben Betrag verstellt. Weiter im S scheint die Sprunghöhe eher geringer zu werden. Jedenfalls beträgt sie auf der Boganggenseite, wo sie wieder meßbar wird, nur 25 m.

Zusammenfassung.

Der Kilchfluhbruch II läßt sich über eine Strecke von über 3 km verfolgen. Obwohl seine Sprunghöhe geringer ist als diejenige des Kilchfluhbruches I, so hebt er sich doch morphologisch viel deutlicher ab. Schöne Schleppungserscheinungen kann man in den Schnitten durch die Malmbänder 1, 2 und 3 beobachten. Der Bruch hat nirgends die Malmelemente derart gegeneinander verstellt, daß deren Zusammenhänge verloren gegangen wären. Der Kilchfluhbruch II ist wie Bruch I eine Begleiterscheinung des Axialgefälles in die Schwalmerndepression. Aus der Tatsache, daß alle in Frage kommenden Malmelemente geschnitten sind, geht hervor, daß die Brüche erst bei oder nach der »mise-en-place« der ganzen Decke entstanden sind. Horizontale Schübe entlang den Bruchflächen sind ebenfalls möglich, doch läßt sich deren Anteil erst bei detaillierten Messungen an den Bruchflächen abschätzen.

Weiter im SW im Gebiete der beiden Andriste konstatiert man ebenfalls gleichsinnige Brüche, so besonders auch an der Schöni, SE des Abendberges zwischen Kiental und Spiggengrund (vgl. p. 31).

6. Tektonik des Malm zwischen Kilchfluh und Hundshorn.

Es ist ganz klar, daß wegen der beiden großen Brüche an der Kilchfluh im Gebiete SW der Kilchfluh in gleich hohen topographischen Niveaux tieferliegende tektonische Elemente vorherrschen müssen, als an der benachbarten Kilchfluh. Es war überhaupt unmöglich, ohne Berücksichtigung der erwähnten Brüche die Malmelemente mit Erfolg zu parallelisieren.

Um die tektonischen Verhältnisse im Raume Kilchfluh-Hundshorn verstehen zu können, beginnt man mit der Betrachtung am besten im SW, an der rechten Kientalseite, wo der ganze Bau aufgeschnitten ist. Wenn schon STAUFFER (Lit. 38, p. 68) meint, daß »der Ueberblick auf das tief aufgeschnittene Profil der rechten Kientalerseite zum Schönsten und Klarsten gehört«, muß man bemerken, daß darin deshalb noch lange nicht alle bestehenden Fragen gelöst sind.

a) Die Tektonik der Kientalerflanke.

BERTRAND und GOLLIEZ (Lit. 5) haben als erste den Deckencharakter des Gebietes der Sefinenfurgge erkannt. Sie und nach ihnen auch GERBER haben vom Gipfel des Hundshornes ein kontinuierliches Malmband über das Telli bis unter den Zahm Andrist NW-wärts absteigen lassen, welches hier nach einer Antiklinale in einen liegenden Verkehrtschenkel übergeht. Ueber Dürrenberg setzt eine Synklinale ein, nach welcher der Malm wieder in normaler Lagerung talauswärts zieht. Ueber Steinenberg geht er in eine liegende S-Falte über (Antiklinale und Synklinale). Dasselbe Malmband erreicht endlich die Schöni und den Abendberg, wo es in einige klippenartige Relikte aufgeteilt ist.

STAUFFER (Lit. 38) stellt auf dem Hundshorngipfel ganz richtig eine kleine Synklinale fest, anschließend eine scharfe Antiklinale zwischen Hundshorn und Telli und sonst schließt er sich der Deutung GERBERS an.

GÜNZLER-SEIFFERT, von dem die neuesten tektonischen Arbeiten aus dem Kiental stammen, entnimmt im Postroutenprofil (Lit. 18) den S-Teil von STAUFFER, stellt dann aber die Verhältnisse unter den beiden Andristen viel detaillierter dar, besonders korrigiert er auch die irrige Auffassung des verkehrten Mittelschenkels in den Bockspfäden oberhalb Steinenberg. Er stellt die drei übereinander liegenden Malmplatten in die Scherzone, die er vom E Faulhorngebiet her verfolgt hat. Neuartig ist die Berücksichtigung vieler Brucherscheinungen, die in den Profilen ein ganz anderes Bild der ehemals so schön geformten Malmbänder ergeben.

Meine Untersuchungen beschränken sich indes auf die Partie am Telli. Soweit jedoch das bloßgelegte Profil an der Kientalseite für die Deutung der Verhältnisse NE des Zahm und des Wild Andrist notwendig wurde, zog ich es auch in den Kreis der Untersuchung.

Erstmals wurde ich der tektonischen Komplikationen am Telli gewahr beim Versuch einer stratigraphischen Profilaufnahme. Es zeigte sich, daß sich die Verhältnisse keineswegs mit den bestehenden Auffassungen vereinbaren ließen. An Stelle des erwarteten, von zwei Brüchen durchsetzten, sonst aber normalen Malmprofils (vgl. Profil von STAUFFER Lit. 18), zeigte sich, daß der vom Hundshorn herabsteigende Malm in scharfer Stirnumbiegung sich in die Mergel des Argoviens bohrt. Seine Fortsetzung fehlt, da auch über seiner Stirne senkrechtes, stark von Clivage durchsetztes Argovien folgt, das sich

senkrecht von der Paßlücke des Telli herabzieht. Gegen den Wild Andrist hin gelangt man dann allmählich in den Knotenkalk. Einige steil unter den Wild Andrist fallende Brüche bedingen eine dreimalige Wiederholung dieser Serie. Erst dann setzt einigermaßen normalgelagerter Malm ein, welcher als sanfte Antiklinale unter den Wild Andrist vorstößt (vgl. Fig. 7).

Um einen allgemeinen Ueberblick zu gewinnen, steigt man am besten gegen das Hohtürli hinauf, von wo sich der ganze E-Hang des Kientales überblicken läßt. Leicht kommt man jedoch mit den Beleuchtungsverhältnissen in Konflikt, da am Morgen der ganze Hang im Schatten liegt, während gegen den Nachmittag hin mit Vorliebe Nebelschwaden den Hang zu bedecken beginnen.

Für die Faltungen des Liegenden des Malmes verweise ich auf die vorzügliche Beschreibung von STAUFFER (Lit. 38).

Man erkennt die Synklinale des Hundshorngipfels und anschließend eine besonders an der Basis des Malmkalkes durch dunkle Oxfordmergel hervorgehobene Antiklinale. Der N-Schenkel fällt steil gegen die Verflachung am Fuße des Telli ab, um dann schließlich in Form einer tauchenden Antiklinale umzubiegen. Die Verflachung am Telli, ein Karboden, ist ganz erfüllt von Malmblöcken und Schutt, welche vornehmlich aus der Bruchzone am Hintergrund der Felsnische stammen. Man erkennt deutlich die drei nach SE fallenden Brüche, die steile Schichtstellung über der tauchenden Hundshornstirne und dann weiter unten eine zweite antiklinale Umbiegung unter den Wild Andrist (vgl. Fig. 7). Senkrecht unter dem Gipfel des Wild Andrist über der steil nach Dürrenberg hinabführenden Runse schneidet eine fast wagrechte, nur leicht nach SE abfallende Bruchfläche die Antiklinale. Der darunter liegende Malmkalk scheint nach NW vorgeschoben zu sein und bildet wiederum ein leicht antiklinal gebogenes Element, das über der ersten dreieckigen Fluh der Bockspfäde wiederum durch eine schwach nach SW abfallende Bruchfläche unterbrochen ist. Der Malm setzt sich dann in einem wagrecht liegenden, etwas anschwellenden Band fort, indem er die Paßlücke zwischen Wild und Zahm Andrist unterbaut. Diese Folge von Malmbändern entspricht im wesentlichen dem Band 3 an der Kilchfluh (vgl. Tafel I).

Erwähnenswert sind noch zwei vorläufig zusammenhangslose, offenbar verschleppte Malmlinsen über und unter dem Hauptmalmband. Die eine zieht sich unter dem Wild Andrist durch, die andere strebt von der oben erwähnten steilen Runse gegen die erste dreieckige Fluh im mittleren Band der Bockspfäde (Fig. 7).

b) Die Tektonik NE des Telli.

Es wurde oben festgestellt, daß der Malm des Hundshornes mit dem Malm unter dem Wild Andrist nicht direkt zusammenhängt. Es handelt sich nicht nur um eine lokale Trennung, denn diese läßt sich NE des Telli weiter verfolgen als eine scharf ausgeprägte tektonische Linie.

Die Paßlücke des Telli ist bedeckt von verwitterten Mergelschiefern der Unterkreide, die man kaum von denjenigen des Argovien unterscheiden kann. Die Paßlücke senkt sich gegen NE nur ganz allmählich und geht in ein kleines Tälchen über, dessen gegen das Hundshorn ansteigende rechte Talflanke bis weit in den Hochsommer hinein von Firnschnee bedeckt ist. Man erkennt trotzdem steil einfallende Schichtplatten, Teile der tauchenden Hundshornantiklinale. Auf der linken Talseite stehen Schichtköpfe des Argoviens an. Im Talboden selbst liegen viele verwitterte Schieferchen, die sich im Dünnschliff als Mergelschiefer der Unterkreide erkennen lassen. Die erste Bank des Malmes der Hundshornstirne besteht aus einer Kalkbreccie, die sich als Breccie an der Basis der Kreide erweist. Darüber liegen dünngebankte Kalke, eine Bank von Pseudobreccie und eine weitere Folge von Kalken des oberen Quintnerkalkes (vgl. Fig. 8). Die Breccie an der Basis der Kreide ist unter der Lokalität 17 beschrieben auf p. 37. Das Argovien des linken Talhanges findet sich bei Profil 3 erwähnt.

Das Tälchen senkt sich weiter nach NE und wird plötzlich durch schroff ansteigende Kalkfelsen gesperrt, so daß sich in der entstehenden Mulde das Schmelzwasser des Firnschnees in einem kleinen Schneeseelein sammelt. Die morphologische wie auch tektonische Fortsetzung des Tälchens nach NE findet sich auf der S-Seite des sperrenden Kalkklotzes (P. 2735). Hier konnten an steil aus verwitterten Argovienschiefern herausragenden Schichtplatten wieder die Breccien an der Basis der Kreide festgestellt werden. Schließlich nehmen die Argovienschiefer gegen den Roten Herd hin so überhand, daß die Stirne des Hundshornelementes nicht mehr sichtbar ist. Letzte Relikte von Hundshornmalm stecken, umhüllt von Oxfordschiefern und Argovien, am SE-Hang gegen Boganggen und haben das Material zu den von weit her erkennbaren Bergstürzen geliefert. Die NE-Fortsetzung dieses Malmes muß man in den zerrütteten Malmrelikten am Schilthorn, unterhalb des Roten Herdes, auf der Boganggenseite suchen. Das Hundshornelement, das am Telli noch deutlich als eine sich in

das Argovien eingrabende Stirne zu erkennen ist, wurde hier unter der Einwirkung der überschobenen Massen des Schilthorndoggers zerdrückt. Für die Zugehörigkeit zum Malm des Hundshornes spricht nur noch die isolierte Lagerung des Malmes in Mergeln und Schiefern des Oxfordiens und des Argoviens.

Betrachten wir nun den Malmklotz, der das Tellitälchen absperrend P. 2734 aufbaut. Er besteht aus steil aufsteigenden Malmschichten, die synklinalen Charakter haben. Am NW-Hang steile Felsabstürze bildend, können diese Malmschichten nicht mit dem zu den Bändern 3 und 4 an der Kilchfluh gehörenden Malm in direkten Zusammenhang gebracht werden, da am Fuße der Wände große Schutthalden die Verbindungen verdecken (vgl. Fig. 9). Aus der geologischen Karte Blatt *Blümlisalp*, deren topographische Unterlage für dieses Gebiet ungenügend ist, können ebenfalls keine Schlüsse gezogen werden. Der Malm des P. 2735 dürfte jedoch als S-Fortsetzung des Malmes von Profil 3, SE des vom Wild Andrist gegen Hohkien absteigenden Grates zu werten sein, also als eine S an das Arselement anschließende Synklinale. Somit liegt nahe, diese Synklinale der Saussynklinale am Spaltenhorn gleichzusetzen. Ihr Gegenstück an der Kilchfluh ist durch die beiden Kilchfluhbrüche in die Tiefe gestellt worden und damit nicht sichtbar. Das Argovien, das in großer Menge als Verwitterungsprodukt am Roten Herd zu finden ist, gehört ebenfalls zur erwähnten Synklinale.

Im Raume des Profiles 3 endlich erkennen wir die gleichen tektonischen Formen, wie sie an der Kientalflanke zutage treten. Eine oberste Antiklinalumbiegung, abgeschlossen durch einen Bruch, eine zweite unter dem Grat des Wild Andrist und die dritte Antiklinalumbiegung gegen den Hartisberg hin, welche dem Malm unter der Paßlücke zwischen den beiden Andristen entspricht.

Zusammenfassung.

Die Region zwischen Kilchfluh und Hundshorn wird nicht, wie bisher angenommen, nur von einem tektonischen Malmelement aufgebaut. Es beteiligen sich daran die Bänder 3, 4 und 5 der Kilchfluh. Dazu kommt als weitere Einheit der Malm des Hundshorns, der an der Kilchfluhwestseite nicht zutage tritt und als durch einen »alten Bruch«, ähnlich dem Malm der Sileren-Ahorniantiklinale, vom Malm des Spaltenhornelementes abgetrennten Komplex betrachtet werden muß. Der Hundshornmalm wäre demnach der südlichste, im Gebiete vertretene Malm, da Band 6 an der Kilchfluh, das noch höher

liegen muß, als Malm der Schilthorndecke bereits ultrahelvetisch sein dürfte.

Der Malmklotz von P. 2735 aT. gehört zur Saussynklinale, während die schwachen Antiklinalumbiegungen unter dem Wild Andrist über Band 3 und 4 an der Kilchfluh mit dem Arselement in Verbindung zu bringen sind.

7. Parallelisation der Malmelemente.

Die an den Hängen des Lütschinen- und Kientales gut aufgeschlossenen Malmelemente lassen verschiedentlich Aehnlichkeiten in Bezug auf Form und Lage erkennen. H. GÜNZLER-SEIFFERT hat im tektonischen Uebersichtskärtchen zur geologischen Karte Blatt Lauterbrunnen (Lit. 16) und in den Erläuterungen dazu die Einheiten parallelisiert und mit entsprechenden Nummern versehen, die sich aus der tektonischen Bearbeitung des E Faulhorngebietes ergaben (Lit. 15). Um die Vergleiche zu erleichtern, werden auf der beiliegenden tektonischen Uebersichtskarte (Tafel I) dieselben Bezeichnungen übernommen. Meine Untersuchungen bestätigen im Wesentlichen die Auffassung von GÜNZLER-SEIFFERT betr. die Parallelisationen. Für die S-Einheiten, insbesondere die Eingliederung der Malmbänder an der Kilchfluh und des Malm zwischen Kilchfluh und Hundshorn, wurden neue Ergebnisse gezeitigt.

Zur Erläuterung der tektonischen Uebersichtskarte soll im Folgenden die Parallelisation der einzelnen Malmelemente kurz beschrieben werden.

Von NW nach SE:

E i n h e i t 1: Als nördlichstes Malmvorkommen müssen die isolierten Malmklötze bei der Säge von Wilderswil, diejenigen rechts und links über der Tscheggern im Spiggengrund und derjenige des Gälmli über der Gornern gelten. Alle diese Elemente liegen auf einer Linie, die dem axialen Streichen entspricht. Einzig der Malm des Gälmli ist gegenüber den anderen Malmresten etwas weiter im SE liegen geblieben (vgl. die Beschreibung in den Erl. zu Blatt Lauterbrunnen, Lit. 16).

E i n h e i t 2: Der Malm der Einheit 2 hat die Falte 1 überholt. Bei Wilderswil treffen wir ihn am Eingang zum Saxetental, im Spiggengrund links und rechts über der Tscheggern, als zwei durch

Brüche stark in Schollen aufgelöste Bänder. Am rechten Kientalhang kann das entsprechende Band unterhalb des Golderenhornes verfolgt werden. Am linken Kientalhang entspricht der Einheit 2 der Felsgrat des Schersax (vgl. H. ADRIAN, Lit. 1). Die Zusammengehörigkeit der erwähnten Malmvorkommen zu einer Einheit ergibt sich aus der ähnlichen Form und dem Streichen der Stirnpartien, das wiederum dem axialen Streichen entspricht.

Einheit 3: Diese liegt im Lütschinental deutlich über 1 und 2. Es ist der Malm, der sich über der Säge von Wilderswil emporzieht, um nach einigen, durch Störungen verursachten Unterbrüchen die Antiklinale der Rotenfluh (Sumpffluh) zu erreichen. Im Spiggengrund treffen wir im Streichen der Falte 3 kein entsprechendes Element. Falte 4 hat offenbar Falte 3 in sich aufgenommen, nach der Art einer seitlichen Verschmelzung zweier Falten.

Einheit 4: Mit einer schönen Synklinale (Schlipfwengen-Sumpf) verbunden folgt als 4 die Antiklinale der Grimselegg (Strat. Profil 1), als deren SW-Analogon die Burgeggfalte anzusprechen ist, welche damit sowohl Falte 3, als auch Falte 4 darstellen würde (nach H. GÜNZLER-SEIFFERT). Daß die Elemente 3 und 4 unter der Schwalmern eine Veränderung durchmachen, darf nicht weiter verwundern. Man erkennt dies schon aus dem anormalen Verlauf des axialen Streichens der Faltenaxen (vgl. tekt. Uebersichtskarte, Tafel I). Für die Parallelisation Grimselegg-Burgegg sprechen außer den tektonischen auch stratigraphische Gesichtspunkte. Vor allem entsprechen sich die Verhältnisse an der Obergrenze des Malm (vgl. Calpionellenkalk) und die Breccie an der Basis der Kreide.

Die Burgegg findet ihre SW-Fortsetzung in den Malmkalken auf dem Abendberg (Kanzel) und der Schöni.

Einheit 5 u: Die Grimseleggfalte 4 geht über eine schmale und tiefe Synklinale (Bellenalpsynklinale) in die Antiklinale des Bellenhöchst über. Dieser Antiklinale entspricht im SW das Glütschhörnli, welches im Hintergrund des Spiggengrundes auf dem Malmband der Burgegg sitzt. Die Verbindungslinie der beiden Faltenstirnen liegt wiederum genau in der Richtung des allgemeinen Streichens. Auf Grund dieses Streichens darf auch das schmale Bändchen Malmes hinten im Neßlerngraben zu 5 u gezählt werden. In der Gruppe des Zahm Andrist ist die Fortsetzung von 5 u in den Malmschuppen über Steinwängen und über der Griesalp zu suchen. Die Tektonik dieser Partie ist jedoch noch nicht einwandfrei abgeklärt.

Die Sileren-Glütschzone.

S der Falte 5, deren Verkehrtschenkel im Silerengraben noch als ein dünnes Bändchen entlang dem Bächlein verfolgt werden kann (vgl. STAUFFER, Lit. 38) setzt eine Störungszone ein, welche ich die Sileren-Glütschzone nennen möchte, da sich auf der Glüschalp im Spiggengrund genau dieselbe Erscheinung feststellen läßt. Die Störung verläuft daher also auch parallel der Faltenaxe durch das ganze Gebirge (vgl. Erl. zu Blatt Lauterbrunnen, Lit. 16). Diese Störung ist eine Brucherscheinung, die, älter als die alpine Faltung, den Zusammenhang des Malmes unterbrochen hat. So kommt es, daß wir anstelle eines Gewölbeschenkels und einer Synklinale gegen SE hin eine neue Antiklinale antreffen, deren Stirne gegen 5 u vorstößt, ohne mit dieser Einheit verbunden zu sein.

Einheit 5: Die neue Antiklinale ist die Sileren-Ahorniantiklinale und als 5 wird der ganze Malm von Isenfluh bezeichnet. Im SW, wiederum genau im axialen Streichen liegend, entspricht der Sileren-Ahorniantiklinale die Falte an der Griesegg, und Teile der Malmschuppe über Steinwängen, am Hartisberg. Auf der Kientalseite entspricht diesem das unterste Malmband in den Bockspfäden. Dieser Malm baut auch den Boden von Hohkien auf (Malmband 1 der Kilchfluh).

Einheit 5o: Das nächst höhere Element ist die Kuhmattenfluhplatte (STAUFFER, Lit. 38). Ihr entspricht im Spiggengrund das Malmband an der Hohmaadegg über der Glütschalp, das den Hohkienboden umsäumende Band 2, ein verschlepptes Malmpaket am Hartisberg. Am Kientalhang treffen wir 5 o im mittleren Malmband in den Bockspfäden, welches stark von Brüchen durchsetzt ist. Das Streichen der Stirnpartie von 5 o verläuft von der Kuhmattenfluh (Tschingel) bis Hohmaad parallel dem allgemeinen Streichen, biegt dann aber über dem Spiggengrund nach S zurück (vgl. Uebersichtskarte, Tafel I).

Einheit 6: Diese wurde immer als Arselement bezeichnet. Die Arsfalte läßt sich im Saustal bis an den Gantbach verfolgen. Ueber Hohkien entsprechen der Falte nur Malmbänder. Band 3 an der Kilchfluh, welches durch den Kilchfluhbruch I verstellt wurde, gehört ebenfalls zu 6. Von einer Falte ist nichts mehr zu erkennen. Diese wurde offenbar unter dem Einfluß der überschobenen Schwalmernkreidemassen und dem nach SW einsetzenden axialen Steigen zerbrochen. Brüche und Andeutungen von antiklinalen Umbiegungen

deuten jedoch auf die Zugehörigkeit zum Arselement. Eine Uebereinstimmung des axialen Verlaufes besteht nicht mehr. Die Einheit 6 greift im SW weiter nach NW als der Ars.

Einheit 6o: Vom Rücken des Arselementes wurden an Brüchen Teile auf die Stirnregion von 6 vorgeschoben. Sie haben den Malm des Bandes 4 an der Kilchfluh geliefert, ebenso die verschleppten Malmlinsen in der Bruchzone des Kilchfluhbruches I. Ihr entsprechen ebenfalls die dünnen Malmbänder unterhalb des Kilchfluhpasses. Am Kientalhang erkennen wir 6o in der vom Telli unter den Wild Andrist vorstoßenden Antiklinale.

Einheit 7a und b: Als nächsthöhere Einheit folgt der Malm des Spaltenhornes im Saustal, der durch eine Synklinale mit 6 verbunden ist. Vom Normalschenkel der leicht nach NW überkippten Spaltenhornantiklinale wurde der Gipfelmalm des Spaltenhornes abgeschert und in die Synklinale eingeklemmt (7b). Beide Teilelemente lassen sich im oberen Saustal bis an die Kilchfluh heran verfolgen. Dem Gipfelmalm dürfte die wahrscheinlich verkehrt liegende Malmwand des Kilchfluhbandes 5 entsprechen. In der Region zwischen Kilchfluh und Hundshorn suchen wir am besten nach dem Spaltenhornmalm in den Malmklötzen unterhalb des Tellitälchens (P. 2735 aT.). Durch die beiden Kilchfluhbrüche wurden die Zusammenhänge dieses Elementes gänzlich verwischt. Die NE-Fortsetzung des Malmes von P. 2735 muß unter dem Roten Herd gesucht werden.

Einheit 7o: Tektonisch noch höher liegt der Malm des Hundshornes, der SW des Telli und des Tellitälchens unter das Argovien von Falte 6 taucht. Ein direkter Zusammenhang zu 7 a und b kann nicht gefunden werden. Der Malm wurde hier wiederum, ähnlich wie in der Sileren-Glütschzone, durch eine alte Störung unterbrochen. Die Störungszone läßt sich bis über den Roten Herd hinaus verfolgen. Dem Malm des Hundshornes entsprechen die isolierten Malmresten über Boganggen (Bergsturz) und die zerrütteten Massen auf der S-Seite des Roten Herdes. Folgt man in der Richtung des Achsenverlaufes nach NE, so trifft man in derselben Zone auch den Malm des Weißbirges an. Diese Malmreste fasse ich, weil sie sich in ihrer tektonischen Lage entsprechen, als eine Einheit auf, die vom Rücken der Spaltenhornantiklinale stammt.

Einheit 8 (oder 9): Tektonisch noch höher liegt der Malm des Kilchfluhbandes 6. Berücksichtigt man die Sprunghöhe der beiden

Kilchfluhbrüche, so käme dieser Malm hoch über das Hundshorn zu liegen. Er kann daher nicht dem Malm des Hundshornes gleichgestellt werden. In die gleiche Einheit müssen auch die Malmklippen des Drettenhornes, der Lobhörner und des Hohganthornes gestellt werden.

Noch höher ist das Gipfelkäppchen des Drettenhornes. Es kann jedoch nicht sicher mit einer der höher gelegenen Einheiten am Oltschikopf (Faulhorngebiet) parallelisiert werden (vgl. Lit. 15).

Damit wären alle Malmeinheiten des Untersuchungsgebietes eingeordnet mit Ausnahme der kleinen verschleppten Bändchen unter dem Wild Andrist, deren Stellung noch der Abklärung bedarf.

Auswitterungsformen am Isoklinalkamm des Ars.

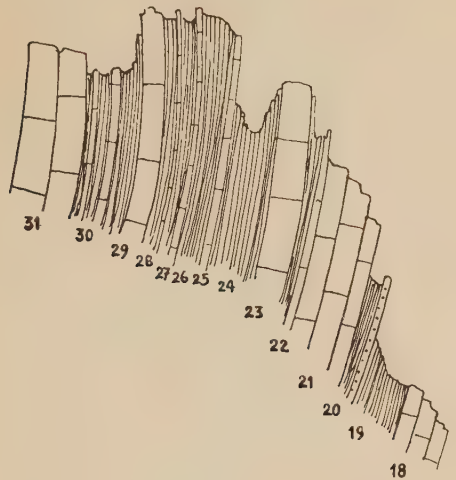


Fig. 1

Die Verbreitung des anstehenden Calpionellenkalkes

Ws = Wilderswil – Säge
w = Wilderswil
S = Saxetentobel
Sch = Schlipfwengen
G = Grimselegg
B = Bellenalp
BG = Burgegg
Si = Schöni
Sx = Schersax
D = Drettenhorn

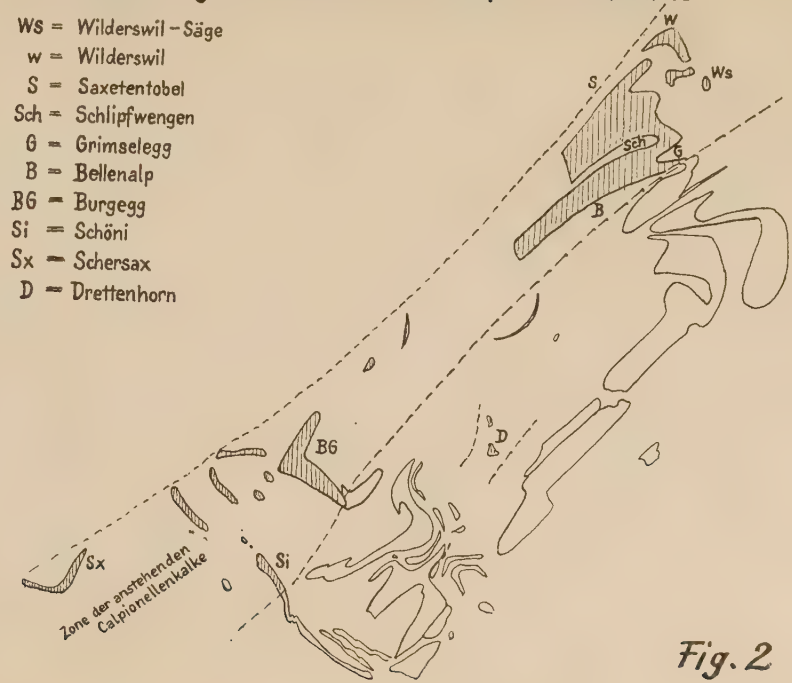
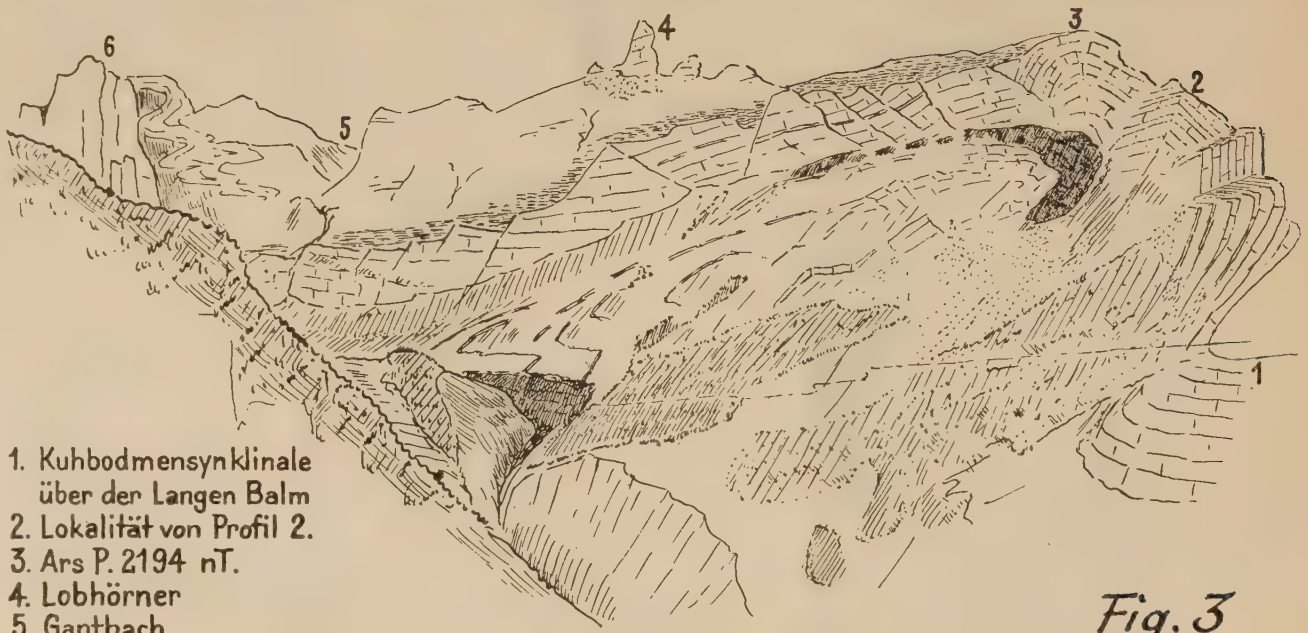


Fig. 2

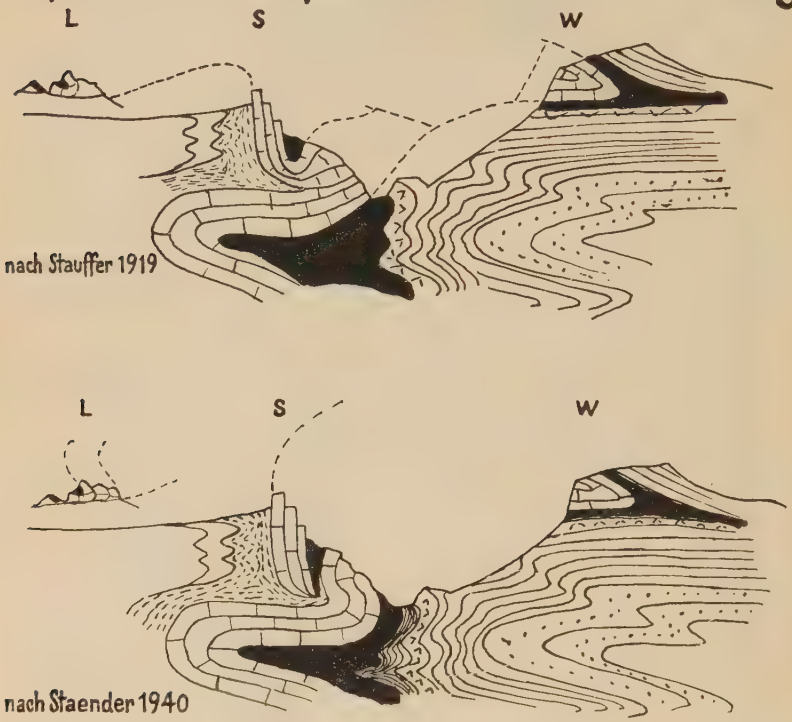
Blick von der Hunnenfluh bei Wengen gegen den Ars und das Saustal.



1. Kuhbodmensynklinale über der Langen Balm
2. Lokalität von Profil 2.
3. Ars P. 2194 nT.
4. Lobhörner
5. Gantbach
6. Spaltenhorn

Fig. 3

Profile durch das Spaltenhorn und den Weissbirg



L = Lobhörner S = Spaltenhorn W = Weissbirg

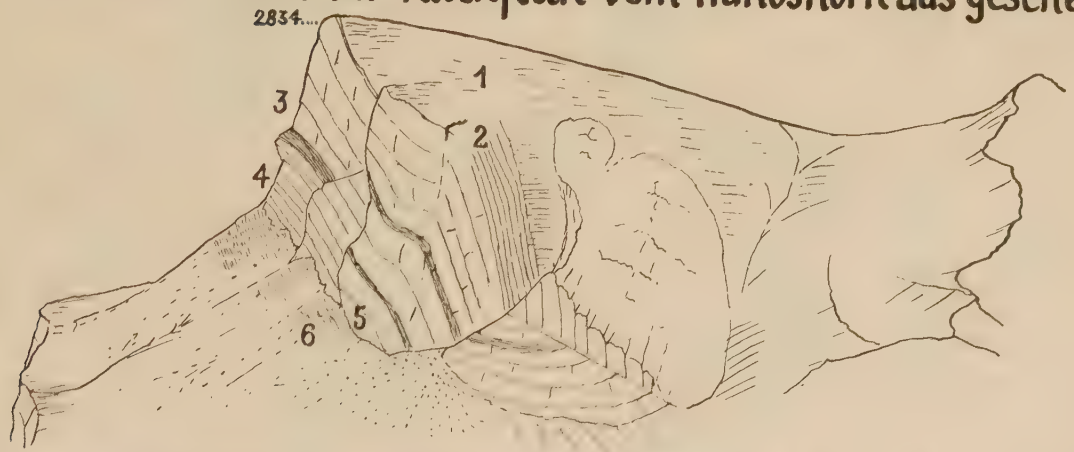
Fig. 4

Kilchfluh vom Fusse des Hartisberges aus gesehen

1. Malmband 3 = Einheit 6 u
2. Malmband 4 = Einheit 6 o
3. Malmband 5 = Einheit 7 (a & b)
4. Malmband 6 = Einheit 8 (9)

Fig. 5

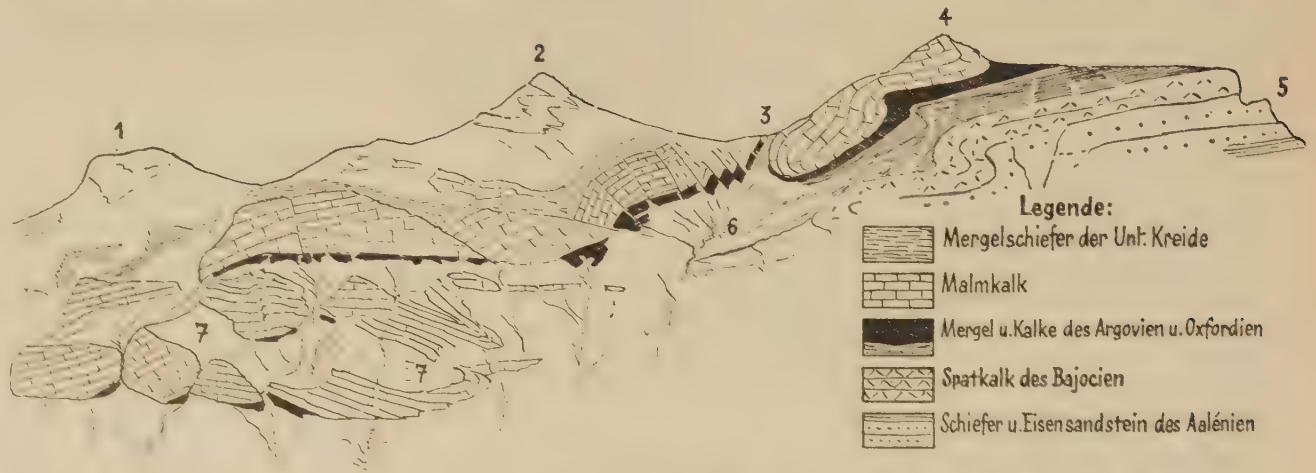
Malmband 6 an der Kilchfluh vom Hundshorn aus gesehen



1. Argovien / 2. Knotenkalk / 3. Unt. Quintnerkalk / 4. Ob. Quintnerkalk / 5. Breccie a.d. Basis d. Kreide
6. Mergelschiefer d. Unt. Kreide

Fig. 6

Tektonik der rechten Kientalerseite — Blick vom Hohtürli nach NE



1. Zahm Andrist 2. Wild Andrist 3. Telli 4. Grosses Hundshorn 5. Sefinenfurgge 6. Kar am Telli 7. Bockspfäde

Fig. 7

Blick vom W-Hang des P. 2735 gegen das Telli.

Im Vordergrund das Schneeseelein, links die tauchende Stirne des Malmes v. Hundshorn, rechts der unterste Malm des Profiles 3

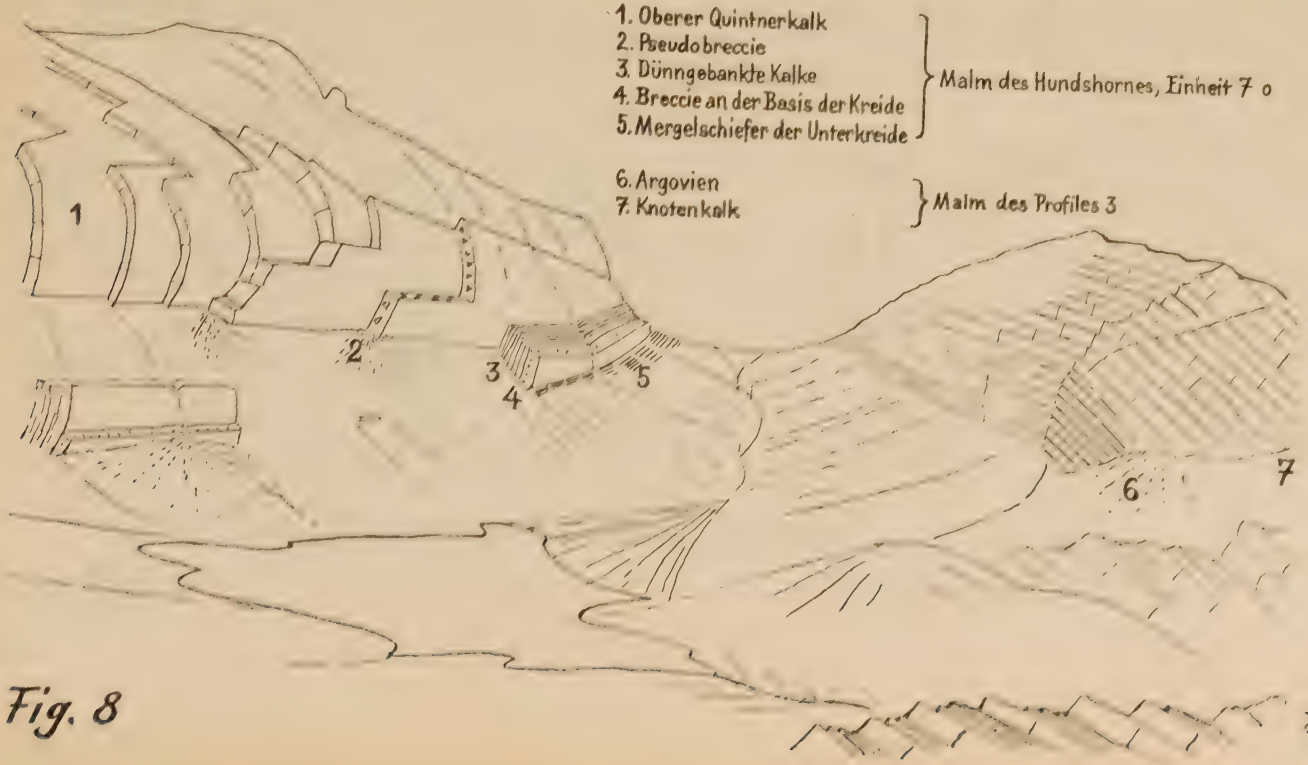


Fig. 8

Blick von der Kilchfluh-W-Seite nach SW gegen das Telli und den P. 2735.

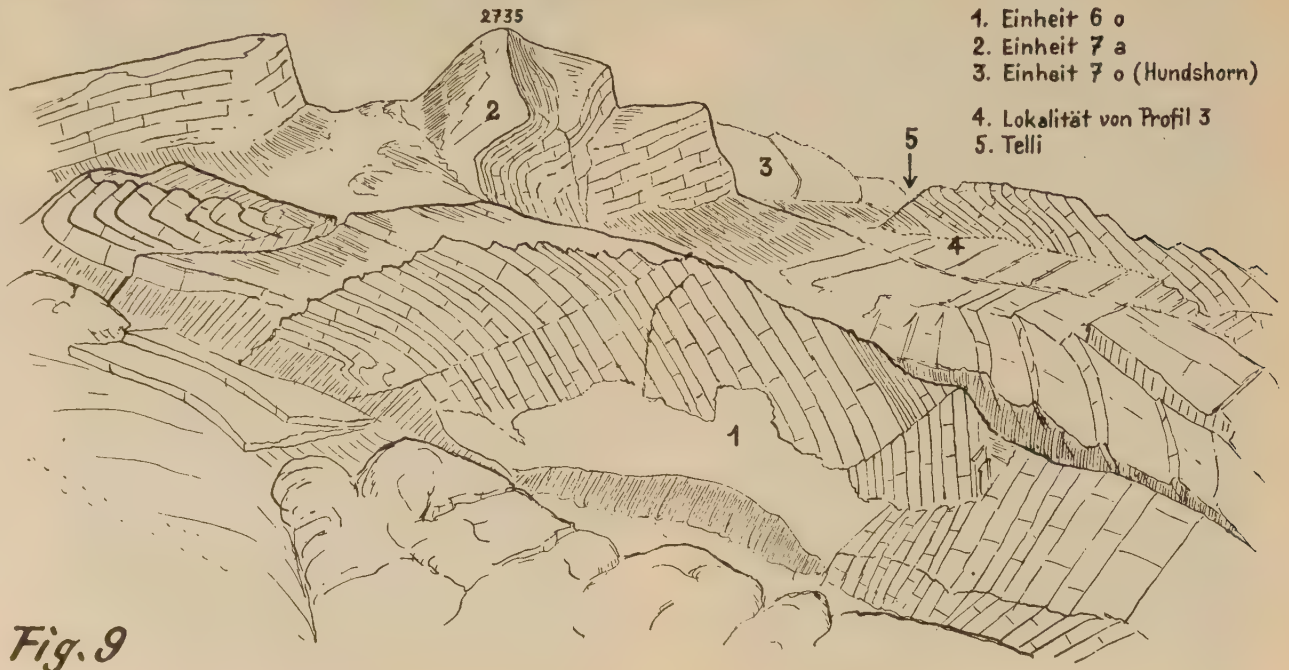


Fig. 9

Fig. 10

Gesamtansicht der Kilchfluh von NW

1.2.3.4.5.6. } Malmbänder an der Kilchfluh

Kp = Kilchfluhpass (Übergang ins Saustal) / K = Kilchfluh / RH = Roter Herd / P = Punkt 2735 / Hh = Hundshorn / Hk = Hohkien / Hb = Hartisberg

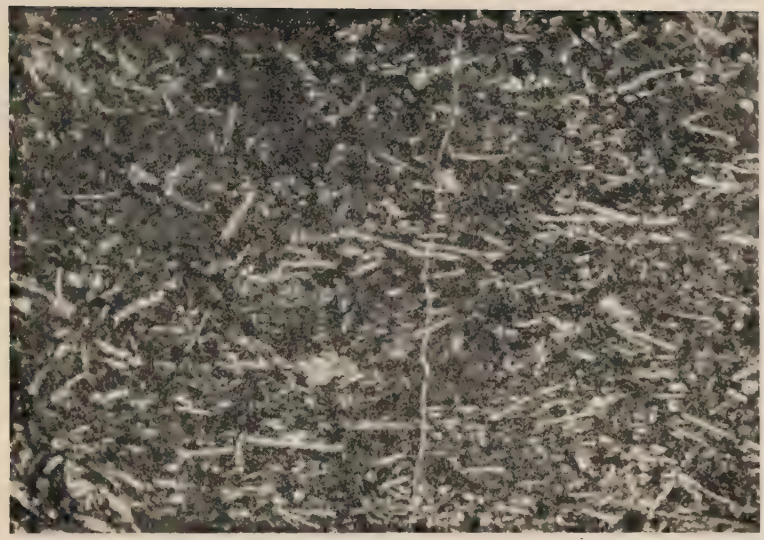


Fig. 11. Schwammnadelkalk mit nadelfilziger Struktur. Aus dem unteren Quintnerkalk des Profil 3. 27× vergrößert.

Fig. 12. Krümeliger Kalk, dunkle Pigmentkonzentrationen. Calpionellenkalk, vereinzelt Schwammnadeln. Aus Profil 1 an der Grimselegg. 67× vergrößert.

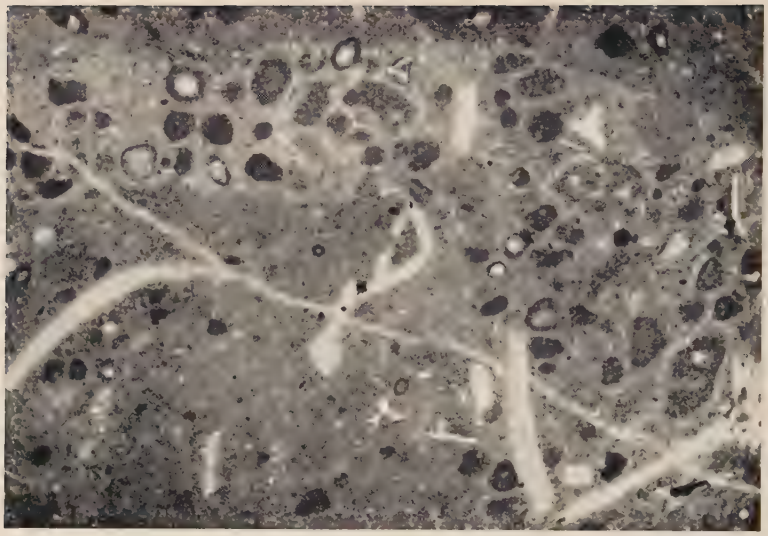


Fig. 13. Anfangsstadium eines onkoidischen Kalkes. Organische Reste haben als Konzentrationskerne gedient. Schwammnadeln. 27× vergrößert. Dünnschliff aus dem oberen Quintnerkalk von Profil 3.

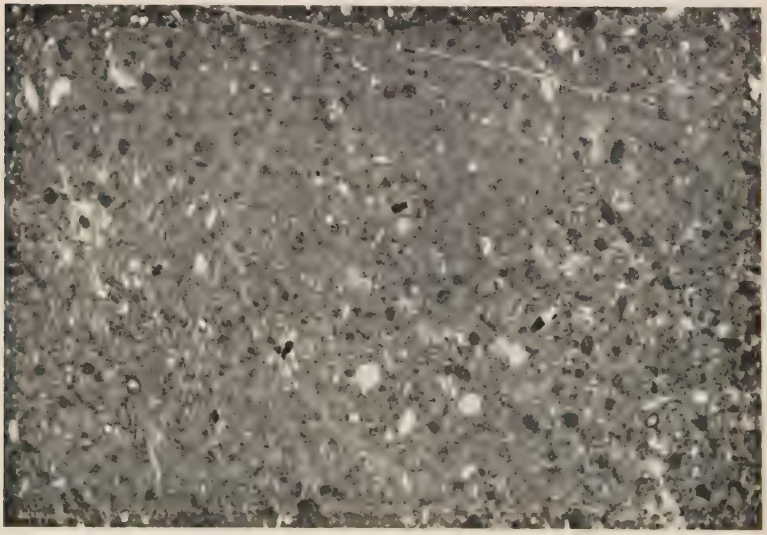


Fig. 14. Krümelige Struktur (« structure grumeleuse »). Die Kalkmasse beginnt sich in dunklere, stärker pigmentierte und hellere, weniger pigmentierte Partien aufzulösen. Runde Calcitfüllungen: Radiolarien. Dünnschliff aus Profil 3. 15× vergrößert.

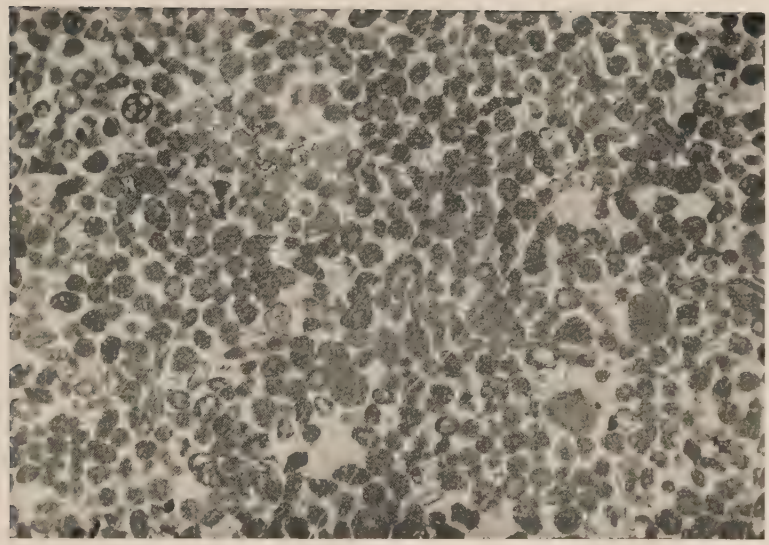


Fig. 15. Spätiger Kalk. Reine onkoidische Struktur. Klare Scheidung von pigmentiertem Kalk und reinem Calcit. Aus Profil 1, Nr. 19. 27× vergrößert.

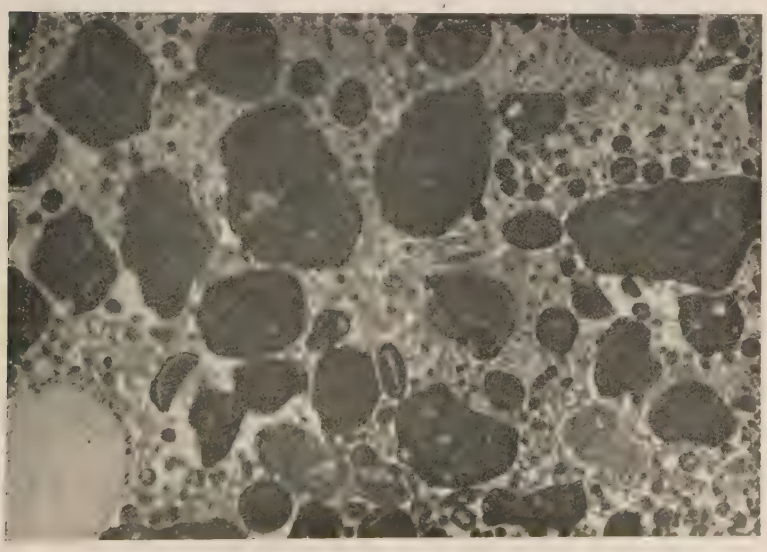


Fig. 16. Pseudobrecciöser Kalk. Grobe eckige — gerundete Komponenten von krümeligem Kalk. Calcitischer Zement mit reinen Onkoiden, wie in Fig. 15. Konzentrisches schaliges Calcitgebilde, das bei gekreuzten Nicols ein dunkles Achsenkreuz zeigt. 27× vergrößert.

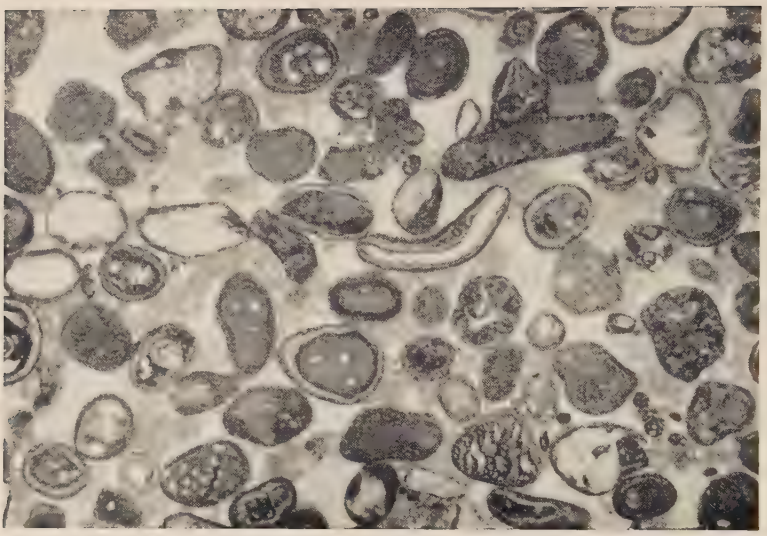


Fig. 17. Oolithischer Kalk von Schlipfwengen. Organismenreste als Kerne der Oolithe: Coscinoconus, Echinodermentrümmer, Millioliden u. a. Stark pigmentierte Komponenten in fast reinem Calcitzement. 27× vergrößert.

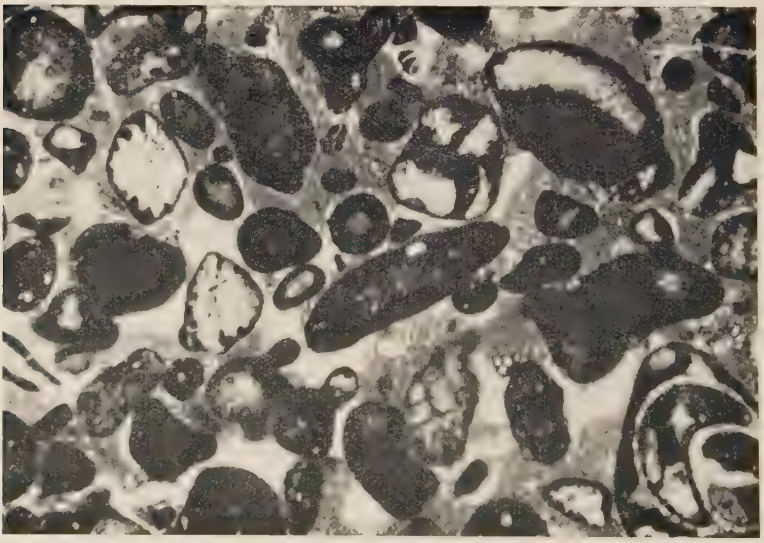


Fig. 18. Spätig-oolithischer Kalk von der Burgegg. Coscinoconus alpinus. Dunkle, stark pigmentierte Komponenten in fast reinem Calcitzement. 67× vergrüßert.

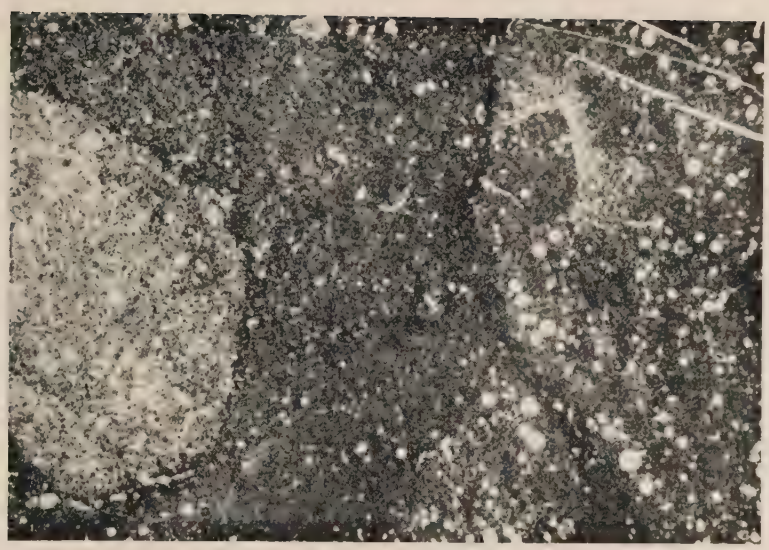


Fig. 19. Schlierig-knolliger Kalk (pseudobrecciös) makroskopisch einheitlich auftretend. Helle Komponenten in dunkler Grundmasse. Viele Radiolarien, besonders in den Komponenten. Profil 2 am Ars, Nr. 20. 15× vergrößert.

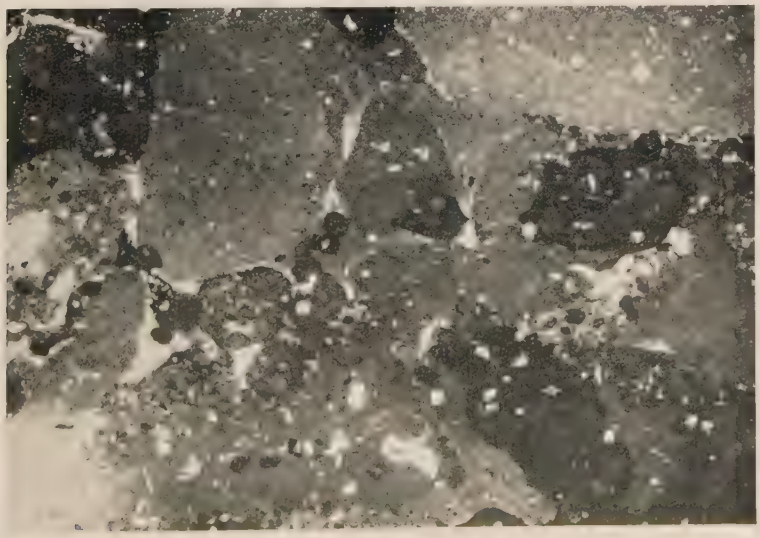


Fig. 20. Kalk aus der Basis einer Pseudobreccie, makroskopisch noch nicht erkennbare Komponenten. Die Komponenten sind ungleich pigmentiert, ihre Eigenstruktur ist zuweilen fast dicht. Einige Radiolarien. Profil 1 (Grimselegg) Nr. 18 a. 15× vergrößert.

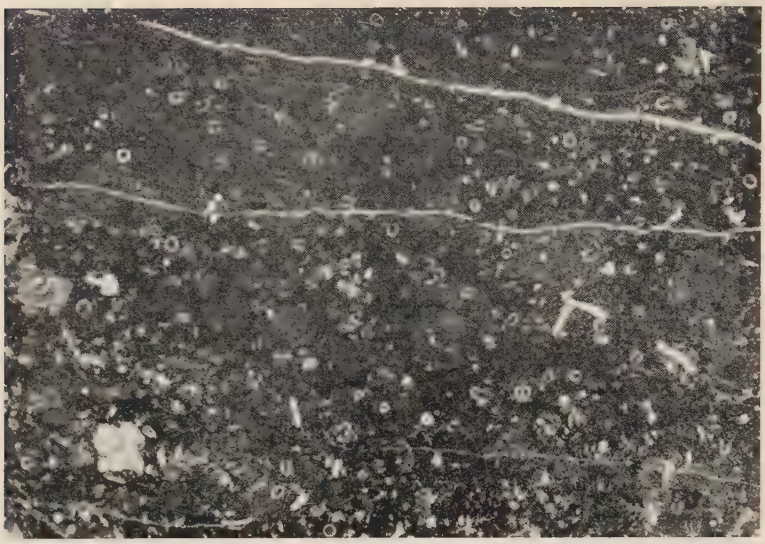


Fig. 21. Breccie an der Basis der Kreide, südlicher Typus vom Drettenhorn (6). Helle, krümelige Kalkkomponenten, eckig oder gerundet, mit dunklem, schlierigem Bindemittel. Calpionellen, einige Schwammnadeln. 15× vergrößert.

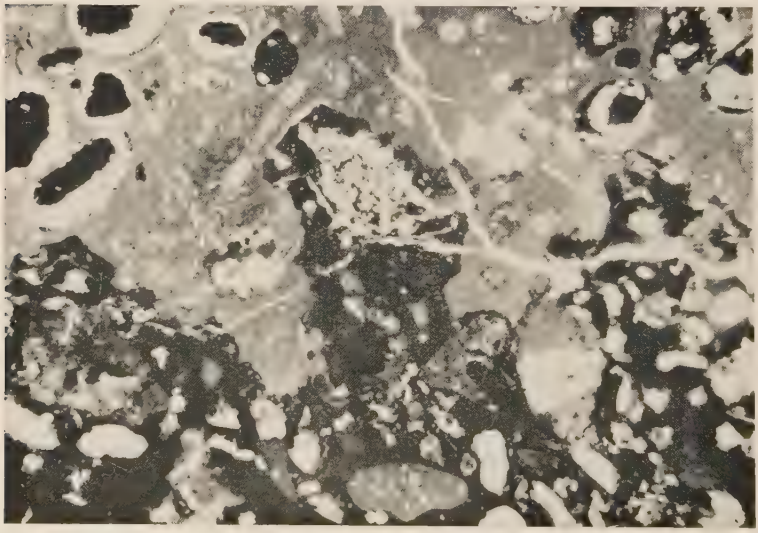


Fig. 22. Transgression von blaugrauen Mergeln des Oxfordiens oder Argoviens mit aufgearbeiteten Eisenoolithkörnern des Callovien auf Spatkalk. Hellgrau: Mergel, dunkel: Spatkalk. Lokalität. Burgegg. Profil 5. 15× vergrößert.

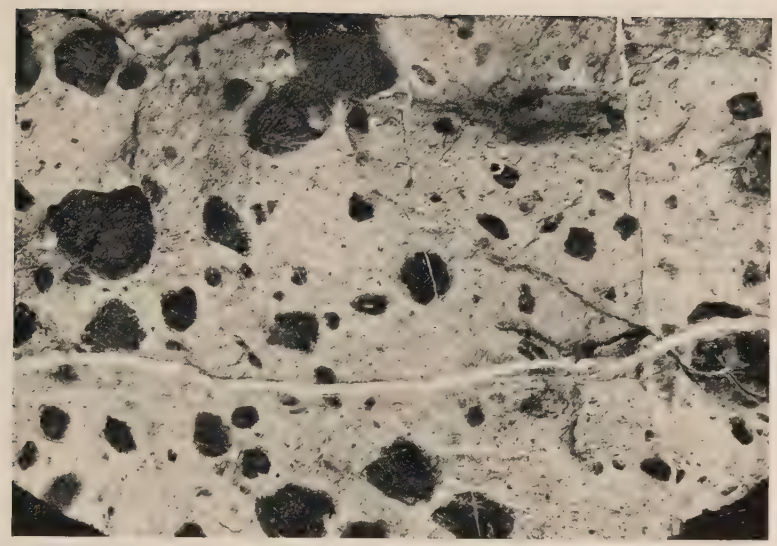


Fig. 23. Kalkbreccie, an der Grenze Malm-Kreide vom Telli (17). Stirnregion des Malmes vom Hundshorn, Element 7 o. Komponenten dunkel, Grundmasse hell, im Dünnschliff umgekehrt. Natürliche Größe.

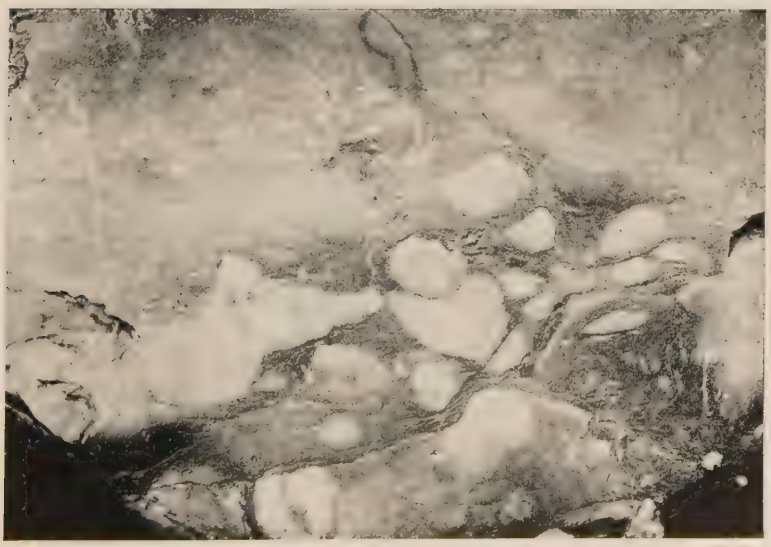


Fig. 24. Knollenkalk von der Fazies der »fausse brèche« und der »marbres de guillestre«. Komponenten hell-rosarot, die Grundmasse gründlichgrau, schlierig. Grenzen nicht immer scharf, daher wolkig. Aus dem Knollenkalk von Profit 3. Natürliche Größe.

Curriculum vitae.

Ich, Gerhard Staender, wurde am 29. Januar 1913 in Großhöchstetten geboren, wo mein Vater seit Jahren als Sekundarlehrer amtet. Daselbst verbrachte ich meine Jugendzeit und besuchte die Primar- und die Sekundarschule. Nach der obligatorischen Schulzeit trat ich in das Gymnasium in Bern über, wo ich im Herbst 1933 die Literarmatura bestand. An der Lehramtschule der Universität Bern bereitete ich mich sodann auf die Patentprüfung für Sekundarlehrer vor, welche ich im Herbst 1936 bestand. Die restlichen Semester dienten meinen geologischen Studien.